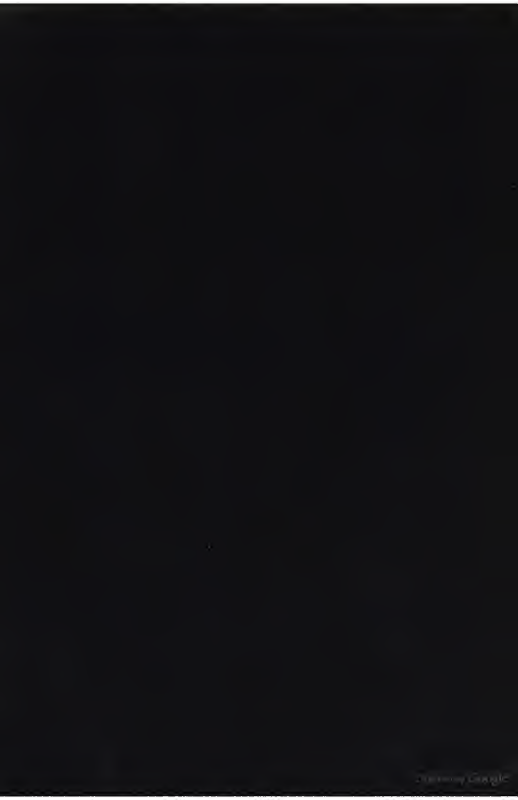
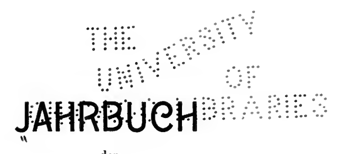



Cres
cat Sci
entia
Vita
Exco
latur









JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XIV. Jahrgang 1903.

Mit sechs Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1904.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1902. Wie seit Jahren so hat Prof. Wolfer in Zürich die Verfolgung der Fleckentätigkeit auf der Sonne im Jahre 1902 zum Gegenstand seiner besondern Aufmerksamkeit gemacht. Die Ergebnisse derselben hat er unlängst veröffentlicht. Sie beruhen in der Hauptsache auf den an der Züricher Sternwarte von Prof. Wolfer und dem Assistenten Broger gemachten Beobachtungen, die sich zusammen auf 283 Tage des Jahres 1902 erstrecken. Dazu kommen achtzehn fremde Beobachtungsreihen, welche die Züricher Beobachtungen ergänzen und die Statistik zu einer alle Tage des Jahres umfassenden, lückenlosen machen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate, welche Prof. Wolfer gefunden, zusammengestellt, und zwar für die einzelnen Monate. Es bezeichnet darin n die Zahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage, r die berechneten Relativzahlen der Sonnenflecken.

1902	n	m	r
Januar	31	20	5.2
Februar	28	28	0.0
März	31	17	12.4
April	30	30	0.0
Mai	31	20	2.8
Juni	30	25	1.4
Juli	31	28	0.9
August	31	22	2.3
September	30	18	7.6
Oktober	31	4	16.3
November	30	17	10.3
Dezember	31	28	1.1
Jahr	365	257	5.0

Das Jahresmittel $r = 5.0$ weist zwar gegenüber 1901 ($r = 2.7$) nur eine geringe Zunahme auf, und auch die Zahl der fleckenfreien Tage ist nur um 30 gesunken, indessen ist doch aus beiden, in Verbindung mit den in der zweiten Hälfte des Jahres beträchtlich angewachsenen Monatsmitteln

zu schließen, daß die Tätigkeit im Jahre 1902 entschieden gestiegen, das Minimum also sicher überschritten ist; die seitherigen Beobachtungen aus der ersten Hälfte von 1903 bestätigen dies. Die genaue Berechnung Prof. Wolfers läßt darin keinen Zweifel mehr übrig; jedoch tritt nicht bloß ein Minimum auf, sondern es sind deren zwei vorhanden, »das eine mit der Relativzahl 2.8 um Mitte 1901, das andere mit 2.6 Anfang 1902, beide durch ein leichtes, aber entschiedenes Ansteigen und Wiederabfallen der Zahlen in der 2. Hälfte 1901 voneinander getrennt. Diese vorübergehende Zunahme ist nun, wie die Durchsicht der in Zürich beobachteten Fleckenpositionen aus dem Jahre 1901 ergibt, zum Teil schon durch Flecken hoher Breite bewirkt, die also bereits der neu beginnenden Tätigkeitsperiode angehören. Es hat somit die abgelaufene Periode nicht erst nach dieser kleinen Zunahme ihr Ende erreicht, sondern es würde das der letztern vorangehende erste Minimum mit ebensoviel Grund wie das nachfolgende als eigentliche Minimalepoche betrachtet werden dürfen; der Unterschied von 0.2 Einheiten in den beiderseitigen Relativzahlen ist selbstverständlich viel zu gering, um irgendwelche Bedeutung für eine Wahl zwischen den beiden Teilminima zu haben, da er durch bloße Zufälligkeiten in den Beobachtungen ebenso leicht in sein Gegenteil verkehrt werden könnte. Sonach wird es das Richtige sein, beiden gleiches Gewicht zu geben und ihr Mittel als mittlere Minimumsepoche anzusehen. Da das erste Minimum auf Anfang Juni 1901 — die ausgeglichenen Relativzahlen gelten je für die Mitte des Monats — d. h. auf 1901.41, das zweite auf Mitte Januar 1902, also auf 1902.04 fällt, so folgt als Epoche des Hauptminimums 1901.7. Sie stimmt genau mit derjenigen überein, welche kürzlich Prof. Mascari aus seinen Fleckenbeobachtungen in Catania abgeleitet hat. Mit der ihr vorangehenden von 1889.6 ergibt sie eine Länge der eben abgelaufenen Periode von 12.1 Jahren, d. h. ein volles Jahr mehr als den Mittelwert 11.12 Jahre.

Die Schwankungen der Fleckenkurven während des Jahres zeigten sich auch jetzt wieder wenigstens teilweise abhängig von der Verteilung der Fleckengebiete nach heliographischer Länge in Verbindung mit der Rotation der Sonne. »Die beiden kleinen Maxima im Januar und März haben innerhalb der zugehörigen Rotationsperioden ähnliche Lage, d. h. entsprechen ungefähr der gleichen Rotationsphase, stehen aber dennoch in keiner direkten Verbindung, da das erste in der Hauptsache von einer größern Fleckengruppe der südlichen, das zweite von einer ebensolchen der nördlichen Halbkugel, aber in der Nähe des gleichen Meridians liegenden herrührt. Auch die niedere Anschwellung im Mai fällt wieder nahe auf die gleiche Rotationsphase wie die beiden ersten und stammt von einer Fleckengruppe der südlichen Halbkugel von nahe derselben heliographischen Länge wie die vorerwähnten. Es ergibt sich, daß in der Tat in der 1. Hälfte des Jahres alle Fleckenbildungen sich auf die eine Halbkugel der Sonne zwischen 0 und 180° Länge verteilten, während die gegenüberliegende gänzlich frei blieb. Vom Juli ab begann dagegen die Tätigkeit auch in dieser zu erwachen und entwickelte sich insbesondere in dem Gebiete zwischen 250 und 300° Länge, dem die 4 Erhebungen der Fleckenkurve je in der 2. Hälfte der Monate September, Oktober, November und Dezember entsprechen; sie sind durch eine Anzahl Fleckengruppen hervorgebracht, die sich annähernd um den gleichen Meridian herum, teils in der Nord-, teils in der Südhalbkugel gruppiert hatten; diejenige von Mitte Oktober dagegen entspricht einer Fleckengruppe auf der entgegengesetzten Seite der Sonne. Von der in frühern Jahren mehrfach erwähnten Verteilung der Tätigkeitsgebiete auf diametral gegenüberliegende Meridiane der Sonne scheinen auch diesmal, wenigstens für die 2. Hälfte des Jahres Andeutungen enthalten zu sein; indessen gibt das Fleckenphänomen allein, ohne die Hinzuziehung der Fackelgebiete, ein zu unvollständiges Bild von der Verteilung der gesamten Tätigkeit, als daß diese sich mit genügender Sicherheit daraus feststellen ließe.«

Die Verteilung der Flecken, Fackeln und Protuberanzen in den Jahren 1893 bis 1895. Auf der Züricher Sternwarte hat Prof. Wolfer die dort seit Jahrzehnten gepflegten Beobachtungen der Gebilde auf der Sonnenoberfläche fortgesetzt. Über diese Beobachtungen und Untersuchungen liegen zur Zeit 3 Bände vor, in welchen die Verteilung der Sonnenfleckphänomene in den Jahren 1887 bis 1895 im einzelnen dargestellt ist. Der jüngste Band[1]) behandelt die Jahre 1893 bis 1895, welche das letzte Tätigkeitsmaximum der Sonne einschließen. Prof. Wolfer hat demselben eine Einleitung voraufgeschickt, welche die Ergebnisse der Beobachtungen gemäß seinen Untersuchungen darlegt, und der das folgende entnommen ist.

Die Angaben beruhen größtenteils auf den Beobachtungen zu Zürich; zur Vervollständigung der durch bewölkten Himmel ausgefallenen Aufzeichnungen wurden solche aus Rom, Catania und Odessa benutzt. Im ganzen wurden 1893 an 328, 1894 an 340, 1895 an 336 Tagen Beobachtungen erhalten, so daß man wohl von erschöpfender Vollständigkeit derselben sprechen kann. Die Ergebnisse der Beobachtungen sind in einem Verzeichnis der berechneten Positionen der Flecken, Fackeln und Protuberanzen auf der Sonnenoberfläche mitgeteilt, dann in heliographischen Karten niedergelegt, von denen jede eine Rotationsperiode der Sonne umfaßt.

»Wie gewöhnlich,« bemerkt Prof. Wolfer, »sind unter den drei Tätigkeitssymptomen die Fackeln das auffälligste; keines der übrigen kommt ihnen an Intensität, Beständigkeit und umfangreicher Ausbreitung gleich. In manchen Rotationsperioden bilden sie zu beiden Seiten des Äquators fast ununterbrochene Zonen; immerhin ist ihre gruppenweise Anordnung auch hier, im Maximalstadium der Tätigkeit, überall unverkennbar, und es macht in den meisten Fällen keine Schwierigkeiten, in den aufeinanderfolgenden Rotationsperioden diejenigen Fackelgruppen zu bezeichnen, die der Wiederkehr desselben Tätigkeitsgebietes zuzuschreiben sind. Im allgemeinen richtet sich diese Gruppierung, wie bekannt, nach derjenigen der Fleckengruppen, die von den Fackeln begleitet werden; ein charakteristischer Unterschied liegt aber in der sehr viel größern Ausdehnung, welche die Fackelgruppen durchweg im Vergleiche zu den zugehörigen Fleckengruppen erreichen, und in der gleichmäßigern Entwicklung der einzelnen Fackeln innerhalb jeder Gruppe. Manche von diesen erscheint als ein umfangreicher zusammenhängender Komplex von gleichmäßiger Dichte, über den eine ganze Anzahl von unter sich scharf getrennten Fleckengruppen ohne irgendwelche Verbindung zerstreut sind. Daneben trifft man auch hier wieder zahlreiche Fackelgruppen, die zeitweise gar keine Flecken enthalten und dennoch durch mehrere Rotationen hindurch in nahe unveränderter Stärke bestehen bleiben, also neue Belege für die weit größere Beständigkeit der Fackeln im

[1]) Publikation der Sternwarte des Eidgen. Polytechnikums 3. Zür. 1902.

Vergleiche zu den Flecken liefern. Fälle, in denen die ununterbrochene Existenz einer solchen Fackelgruppe sich durch sechs, acht und mehr Rotationen hindurch mit Sicherheit nachweisen läßt, gehören keineswegs zu den Seltenheiten.

Es ist bekannt, daß Fleckengruppen von hinreichend starker Entwicklung sich gewöhnlich längs eines Parallelkreises auf der Sonne anordnen und senkrecht zu diesem eine verhältnismäßig geringe Ausdehnung haben. Ähnliches zeigt sich zwar auch bei den Fackelgruppen, aber die Entwicklung in der Richtung der heliographischen Breite ist hier im Vergleiche zu derjenigen in Länge eine viel stärkere als dort und erreicht in vielen Fällen 20, 30 und mehr Grade. Vermutlich steht hiermit die häufig wahrzunehmende Eigentümlichkeit in Verbindung, daß bei manchen Fackelgruppen die größte Längenausdehnung nicht, wie eben bemerkt, in die Richtung des Parallels fällt, sondern gegen diesen geneigt ist, und zwar in der nördlichen Halbkugel von Südwest gegen Nordost, in der südlichen dagegen von Nordwest gegen Südost. Es liegt darin wohl nur eine einfache Konsequenz des Rotationsgesetzes der Sonnenoberfläche. Die Untersuchungen von Stratonoff [1]) über die Bewegungen der einzelnen Fackeln selbst, ebenso die von mir [2]) gefundenen Resultate hinsichtlich der Bewegung der Fackelgruppen, und die Anschauungen, zu denen P. Sidgreaves [3]) auf Grund der Sonnenbeobachtungen in Stonyhurst über die gleiche Frage gelangt ist, stimmen darin überein, daß das Rotationsgesetz sich mit geringen Abweichungen ebensowohl in den Bewegungen der Fackeln, wie in denen der Flecken zu erkennen gibt. Alsdann ist die obige Erscheinung leicht zu erklären. Die Objekte in den höhern Breiten haben einen kleinern Rotationswinkel als jene in der Nähe des Äquators; sie bleiben also nach und nach gegenüber den letztern in heliographischer Länge zurück. Eine Fackelgruppe, die im Anfange ihrer Existenz gewöhnlich einen mehr oder weniger abgerundeten Komplex von annähernd gleicher Ausdehnung in allen Richtungen bildet, wird im Laufe der Zeit vermöge der verschiedenen, in höhern Breiten kleinern, in niedern Breiten größern Rotationsgeschwindigkeit ihrer Bestandteile in die Länge gezogen, und die Richtung ihrer größten Ausdehnung neigt sich hierbei mehr und mehr vom Meridian weg gegen den Parallelkreis hin, — in der Nordhalbkugel in nordöstlichem, in der Südhalbkugel in südöstlichem Sinne — desto stärker, je länger die Fackelgruppe fortbesteht. Die Erscheinung wird um so auffallender hervortreten, je größer die Breitenausdehnung der Gruppe, und je höher die mittlere heliographische Breite der Gruppe als Ganzes ist.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3275 und 3344.
[2]) Diese Publikationen Bd. I und II.
[3]) Monthly Notices 55. p. 6.

Was die Protuberanzen betrifft, so bestätigen die heliographischen Karten auch hier wieder, wenigstens soweit es sich um die gewöhnlichen Wasserstoffprotuberanzen handelt, deren gruppenweises Auftreten, nämlich ihre Anhäufung an gewissen Stellen in Gestalt von mehr oder weniger langen Reihen, die sich meist dem Parallelkreise entlang ordnen. Daß letzteres zum Teil auf die Art der Berechnung der heliographischen Längen der Protuberanzen und die dadurch bedingte Unbestimmtheit dieser Längen zurückzuführen ist, wurde schon in der Einleitung zu Band I der »Publikationen« bemerkt. Die Ortsberechnung versetzt eine Protuberanz jederzeit an den scheinbaren Sonnenrand, obschon sie je nach ihrer Höhe auch vor und nach dieser besondern Stellung sichtbar sein kann, ohne daß der Beobachter zu erkennen vermag, wo sie wirklich steht. Die Rechnungsmethode aber schreibt ihr Tag für Tag die Länge des scheinbaren Sonnenrandes zu, die wegen der Rotation der Sonne veränderlich ist. In den Karten stellt sich deshalb auch eine einzelne isolierte Protuberanz als eine Reihe von solchen dar, die annähernd gleiche Breiten, aber sukzessive abnehmende Längen haben. Indessen steht die Längenausdehnung solcher Gruppen in den meisten Fällen nicht im Verhältnis zu den Höhen der betreffenden Protuberanzen, sondern sie ist größer, als man nach diesen zu erwarten hätte, und es ist also das Auftreten dieser Gruppen in der Hauptsache der Existenz von wirklichen Protuberanzenzügen zuzuschreiben, die sich vorwiegend den Parallelkreisen entlang anzuordnen scheinen, ähnlich wie es bei den Flecken und Fackeln wahrgenommen wird. Es zeigt sich nun, daß manche dieser Protuberanzengruppen von größerer Beständigkeit sind, als man nach dem sonstigen Verhalten dieser Gebilde, namentlich in Anbetracht der auch bei einfachen Wasserstoffprotuberanzen manchmal sehr großen Veränderlichkeit ihrer Formen, annehmen möchte, und es gibt Fälle, wo solche Gruppen sich durch mehrere Rotationen hindurch als fortbestehend nachweisen lassen. Der hier behandelte Zeitraum enthält zwei merkwürdige Beispiele dieser Art, nämlich 2 Gruppen von Wasserstoffprotuberanzen, die in sehr hohen südlichen Breiten von ca. —60 bis —70° in den Jahren 1893 und 1894 aufgetreten sind, und deren jede fast ein Jahr lang ununterbrochen fortbestanden zu haben scheint. Die erste von ihnen, in ca. —60° Breite, fiel in das Jahr 1893, und ihre Existenz läßt sich in sämtlichen Rotationsperioden nachweisen. Die zweite lag noch etwas näher am Südpol, ihre mittlere Breite betrug ca. —70°, und sie wurde während 10 Rotationen beobachtet. Die beiden Gruppen stellen eine ganz isolierte Tätigkeitsäußerung dieser Art vor, wie sie in so polarer Lage und zugleich solcher Stärke und Dauer nur selten aufzutreten scheint. Von den Hauptzonen, in denen die Protuberanzen sich sonst dichter anzusammeln pflegen, sind sie durchaus scharf geschieden, denn es liegt zwischen ihnen und diesen Hauptzonen ein etwa 20° breiter Raum, der von Protuberanzen fast

gänzlich frei ist. Man hat es vielleicht nicht als einen Zufall anzusehen, daß sie sich zeitlich gerade um das Tätigkeitsmaximum von 1894 herum gruppieren; wenigstens findet sich unter dem seit 1887 hier bearbeiteten Material kein ähnliches Beispiel. Beide stellen sich als ungewöhnlich lange Reihen von Protuberanzen dar, die zu Zeiten fast den ganzen Umfang der zugehörigen Parallelkreise bedeckten. In Wirklichkeit ist aber ihre Ausdehnung jedenfalls beträchtlich geringer gewesen; denn wegen der hohen Breite kommt hier die bereits erwähnte Unbestimmtheit der heliographischen Längen viel mehr zur Geltung, indem eine Protuberanz in der Nähe der Pole bei einigermaßen bedeutender Höhe — sie betrug in den vorliegenden Fällen im Maximum $2^1/_2{}'$ — lange vor und nach der Zeit ihres Überganges über den scheinbaren Sonnenrand sichtbar bleiben, und also ihre wahre heliographische Länge von jener des Sonnenrandes, die dem Orte in der Karte zugrunde liegt, weit verschieden sein kann. Da die vorhandenen Beobachtungen keine großen Lücken aufweisen, und also in jeder Rotation so ziemlich die ganze Sichtbarkeitsdauer der Protuberanzen beim Eintritte und Austritte am Ost-, bezw. Westrande der Sonne umfassen, so wird als der wirkliche Ort des Mittelpunktes jeder der beiden Gruppen etwa diejenige heliographische Länge anzunehmen sein, die der Mitte der Protuberanzreihe in der Karte entspricht. Beide Gruppen lassen nun eine Veränderung ihres Ortes in den aufeinanderfolgenden Rotationsperioden erkennen, die mit einer gewissen Regelmäßigkeit stattgefunden hat und auf eine Art eigener Bewegung hindeutet. Sie tritt besonders bei der 1. Gruppe, vom Jahre 1893, sehr deutlich zutage; es ist deshalb nur diese hier näher untersucht. Die ganze Gruppe zeigt eine starke rückläufige Bewegung, nämlich eine sukzessive Abnahme der heliographischen Länge, ähnlich wie sie für Flecken- und Fackelgruppen an zahlreichen Beispielen in den Beobachtungen von 1887 bis 1893 konstatiert worden ist.«

Diese Gruppe war übrigens schon 1892 auf der Sonne vorhanden. Prof. Wolfer hat genauer die Beziehung der Protuberanzen zu den Flecken- und Fackelgruppen während des in Rede stehenden Zeitraumes von 1893—1895 untersucht. Er findet, daß von zusammen 315 metallischen Protuberanzen, die in den vorliegenden 39 Rotationsperioden beobachtet waren, 274 d. h. fast 90 % in Fleckengruppen oder doch deren nächster Nähe lagen, 27 oder 10 % in Fackelgruppen, die keine Flecken enthielten, und nur 14 oder ca. 5 % erscheinen gänzlich unabhängig von Flecken- und Fackelbildungen. »Die wohlbekannte Erscheinung, daß metallische Protuberanzen fast immer nur an solchen Stellen des Sonnenrandes, wo gerade Fleckengruppen ein- oder austreten, gesehen werden, erhält damit auf der Grundlage vollständiger heliographischer Ortsbestimmung beider Arten von Objekten ihre volle Bestätigung; an der Richtigkeit der längst bestehenden Annahme, daß diese besondere

Art von Protuberanzen ihre Entstehung den bei der Fleckenbildung stattfindenden Prozessen verdanke, ist offenbar nicht zu zweifeln.

»Was die gewöhnlichen, der Zahl nach weit überwiegenden Wasserstoffprotuberanzen betrifft, so ist bei diesen eine ausschließliche Beschränkung auf gewisse Zonen der Sonnenoberfläche, wie sie für die übrigen Tätigkeitsprodukte gilt, nicht vorhanden; man findet sie wie immer gleichzeitig an allen möglichen Stellen bis in die unmittelbare Nähe der Pole, allerdings in sehr verschiedener Dichtigkeit. Zu den beiden andern Tätigkeitsformen, Flecken und Fackeln, stehen sie entschieden nicht in direkter örtlicher Beziehung. Wenn auch in manchen Fackelgruppen zugleich Wasserstoffprotuberanzen vorhanden sind, so liegen doch weitaus die meisten von diesen außerhalb jener, und selbst da, wo Fackeln und Protuberanzen zusammen auftreten, erhält man aus den Karten den Eindruck, daß die letztern meist in der Umgebung der erstern, an den Rändern der Fackelgruppen, und nicht in diesen selbst stehen. Gerade die umfangreichsten und dichtesten Fackelgruppen sind meist ganz frei von Protuberanzen, und umgekehrt findet man sehr starke Ansammlungen großer Protuberanzen, in denen nicht die geringsten Fackelspuren zu bemerken sind. Ganz besonders entscheidend sind in dieser Hinsicht die oben schon erwähnten Protuberanzengruppen in hohen Breiten, wo Fackelbildung nur in Spuren vorkommt, Fleckenbildung aber jederzeit gänzlich fehlt. Es kann also nur wiederholt werden, daß eine direkte nahe Beziehung der Wasserstoffprotuberanzen zu den Flecken und Fackeln nicht existiert; noch viel weniger kann an eine Identität von Fackeln und Wasserstoffprotuberanzen gedacht werden, obschon sie mehrfach behauptet worden ist und auch jetzt noch nicht aufgegeben zu sein scheint. Wasserstoffprotuberanzen sind allem Anscheine nach eine selbständige Klasse von Sonnenphänomenen, die nur dem allgemeinen periodischen Häufigkeitswechsel wie alle andern unterliegen, im übrigen aber von diesen ganz unabhängig auftreten.«

Die Beobachtungen von 1887 bis 1893 haben hinsichtlich der Verteilung der Flecken und Fackeln nach heliographischer Länge zu dem Resultate geführt, daß diese beiden Tätigkeitsformen während des genannten Zeitraumes sich im großen und ganzen dauernd um 2 Meridiane der Sonne herum anhäuften, die einander annähernd diametral gegenüberlagen, jedoch im Laufe der Zeit gemeinsame Verschiebungen in heliographischer Länge erfuhren.

Eine ähnliche vorläufige Untersuchung für die Zeit von 1893 bis 1895 ergab keine so deutliche Anhäufung wie gewisse Punkte, wenngleich doch einige Andeutung zu solchen.

Die mittlern täglichen Flächengrößen der Sonnenflecke, für jeden Grad heliographischer Breite in den Jahren 1874—1902, nach photographischen Aufnahmen auf der

Sternwarte zu Greenwich.[1]) Die Flächen werden in Millionteln der sichtbaren Hemisphäre der Sonne angegeben, und zwar so, daß für jeden Grad heliographischer Breite die während des Jahres gemessenen Flächengrößen addiert und durch die Zahl der Tage dividiert wurden; dies ergab das mittlere tägliche Areal. Zunächst fand sich, daß während der genannten Periode von 29 Jahren, von 1874 bis 1902, Flecken in einer höhern Breite als 33° selten, und sehr selten groß oder langdauernd waren. Faßt man sie als besondere Klasse auf, so waren sie unregelmäßig und erschienen zuzeiten, welche keine bestimmte Beziehung zu irgend einem der 4 Hauptstadien des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus (Minimum, Zunahme, Maximum, Abnahme) zu haben schienen. Läßt man diese Flecken in hohen Breiten (welche auf jeder Hemisphäre eine 10° breite Zone von 33° bis 42° umfassen, da in höhern Breiten als 42° keine Flecken beobachtet worden) unberücksichtigt, so zeigten die Maximumjahre 1883 und 1893 Flecken in jeder Breite zwischen 30° N und 30° S, und sie waren zwischen etwa 8 bis 24° auf beiden Hemisphären zahlreich. In den dem Maximum folgenden Jahren zeigten die Flecken eine ausgesprochene Tendenz, in niedern Breiten zu erscheinen. So war in den Perioden der Abnahme, 1885—1888 und 1898 und 1899, und in der entsprechenden Periode 1874—1876 des vorangegangenen Zyklus 22° gewöhnlich die höchste Breite. In den Jahren 1876, 1888 und 1899, also etwa ein oder 2 Jahre vor dem Minimum, wurden keine Flecke jenseits 18° vom Äquator gesehen. Aber unmittelbar nachdem das Minimum erreicht war, erstreckten sich die Flecke in der Breite weiter infolge des Auftretens solcher in hohen Breiten. So zeigte im Minimum jede Hemisphäre zwei scharf begrenzte Fleckenzonen, die voneinander durch einen breiten Gürtel ohne Flecken geschieden waren. Dies war besonders ausgesprochen in den Jahren 1889 und 1890, wo die Gegend, deren Mitte etwa 15° Breite ist, und die dem ganzen Zyklus die fruchtbarste der ganzen Sonnenoberfäche ist, vollkommen frei von Flecken war. Von diesen 2 Fleckenzonen auf jeder Hemisphäre erscheint die niedrigere der Reihe von Flecken des zu Ende gehenden Zyklus zu entsprechen. Diese Reihe war 2 Jahre vor dem Minimum beschränkt innerhalb der 18°-Grenze und scheint beim Minimum selten eine größere Breite zu erreichen als 10 oder 12°. Die Flecken mit einer Breite von 18 bis 30° oder mehr scheinen die ersten Glieder des neuen Zyklus zu sein.

Während der Perioden der Zunahme, 1879—1881 und 1890 bis 1892, war der Äquatorialgürtel fast ganz frei von Flecken, was vielleicht das vollkommene Verschwinden der letzten Glieder des alten Zyklus andeutet. Im Maximum jedoch waren die Flecken am weitesten verbreitet, und sie wurden sogar in nächster Nähe des Äquators

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 452.

gesehen, so daß im Maximum und in dem ersten Stadium der Abnahme, wie in 1874, 1882—1886, 1893—1897, die Äquatorialgegend ihre größte Lebhaftigkeit zeigte. Eine Vergleichung der beiden Hemisphären zeigt, daß im ganzen die südliche die fruchtbarere gewesen, daß aber die kritischen Punkte des Fortschreitens des Zyklus früher durch die nördlichen Flecken ausgesprochen waren als durch die südlichen. So hatte in den beiden Perioden der Zunahme 1881 und 1891 die nördliche Hemisphäre einen entschiedenen Vorsprung vor der südlichen, und ähnlich war in den Perioden der Abnahme das Sinken der Fleckenausdehnung 1885 und 1896 bedeutend stärker sichtbar in der nördlichen Hemisphäre.

Die Sonnenflecke und die magnetischen Schwankungen. Ch. Chree hat die zu Kew in den Jahren 1890—1900 gewonnenen magnetischen Registrierungen benutzt, um einen Vergleich derselben mit den Relativzahlen der Sonnenflecken durchzuführen.[1]) Er fand, daß die Sonnenfleckenhäufigkeit an einem bestimmten Tage kein Maßstab ist für den magnetisch stillen oder gestörten Charakter des Tages, und daß selbst die Monatsmittel der Sonnenfleckenhäufigkeit und der magnetischen Schwankung nur in losem Zusammenhange stehen. Chree meint, daß die beobachteten Erscheinungen mit der Anschauung sich vertragen, daß die gesteigerte Sonnenfleckentätigkeit und die erhöhte magnetische Aktivität auf der Erde von einer gemeinsamen aber der Sonne fremden Ursache herrühren, deren Wirkung im ganzen Sonnensysteme in demselben Augenblicke merklich variiert. Wenn aber die Quelle in der Sonne selbst liegt, muß man entweder schließen, daß die Sonnenflecke keine befriedigende quantitative Messung derselben geben, oder daß die Wirkung auf die Erde beeinflußt werde durch das, was auf der Sonne während einer beträchtlichen Zeit vor sich geht. Wenn jedoch die Quelle der täglichen magnetischen Ungleichheit elektrische Ströme sind, die durch die Tätigkeit der Sonne in der obern Atmosphäre erzeugt werden, so könnte die Ursache für die Zunahme der Amplitude der Ungleichheit zur Zeit großer Sonnenfleckenhäufigkeit irgend eine Strahlungsform sein, welche den Widerstand der Atmosphäre gegen die von der Sonne erzeugten Ströme vermindert.

Über den Zusammenhang der elfjährigen Sonnenfleckenperiode mit der Bewegung des Jupiter hat H. Kloht einige interessante Rechnungen angestellt.[2]) Man hat bis jetzt angenommen, daß die Fleckenbildung durch Einwirkung der planetarischen Anziehung auf die Sonne beeinflußt werde. Danach müßte, da Jupiter der Masse nach nahezu $^2/_3$ mal größer ist, als alle übrigen Planeten zusammen,

[1]) Proceed. Roy. Soc. 1903. 72. p. 22.)
[2]) Sirius 1903 p. 123.

das Maximum einer Sonnenfleckenperiode im allgemeinen mit dem Perihel, und das Minimum derselben mit dem Aphel dieses Planeten zusammenfallen. Die annähernde Übereinstimmung der Dauer einer Periode mit einem Umlaufe Jupiters spricht auch anscheinend für die Richtigkeit dieser Annahme, aber bei näherer Untersuchung findet dieselbe, was die anziehende Wirkung betrifft, doch keine Bestätigung. Dagegen ist, wie die nachstehende von Kloht berechnete Tabelle zeigt, hinsichtlich der Stellung Jupiters eine gewisse Übereinstimmung vorhanden, aber in einem der Annahme entgegengesetzten Sinne, d. h. das Maximum einer Periode fällt statt mit dem Perihel annähernd mit dem Aphel, und das Minimum statt mit dem Aphel im allgemeinen mit dem Perihel Jupiters zusammen.

In der 1. Abteilung der Tabelle, welche die Maxima und Minima der Jahre 1610—1766 umfaßt, ist diese Übereinstimmung zwar nur unvollkommen, aber in der 2. Abteilung über den Zeitraum von 1770—1902 tritt dieselbe schon mehr hervor, obwohl auch hier, und zwar besonders für einige Maxima, noch größere Abweichungen bestehen. Bei Beurteilung derselben ist jedoch zu beachten, daß die ältern Beobachtungen der Sonnenflecke lückenhaft und ungenau sind, und den aus denselben abgeleiteten Epochen der Maxima und Minima daher kein entscheidender Wert beigemessen werden kann; auch darf anderseits die Wirkung der übrigen Planeten nicht außer Betracht bleiben. In Ansehung der für eine größere Anzahl Maxima und Minima bestehenden annähernden Übereinstimmung wird daher auch trotz der vereinzelten größern Abweichungen das Vorhandensein eines parallelen Ganges zwischen den beiden Reihen nicht von der Hand gewiesen werden können.

Aus der Tabelle geht demnach hervor, daß das periodische Auftreten der Sonnenflecke hauptsächlich von der Stellung Jupiters in seiner Bahn abhängig ist, aber nicht direkt durch seine Anziehungskraft, sondern, wie Kloht glaubt, durch seinen überwiegenden Einfluß auf die Bewegung der Sonne um den gemeinsamen Schwerpunkt des Sonnensystems bedingt wird, und daß die Störungen in der Sonnenmasse bei den Perihel- und Aphelstellungen dieses Planeten im allgemeinen ihren geringsten, resp. größten Umfang erreichen, wenn sich also der Mittelpunkt der Sonne annähernd in den gleichen Punkten seiner Bahn befindet.

Das Maximum einer Periode ist demnach allgemein zu erwarten, wenn der körperliche Mittelpunkt der Sonne bei seinem Umlaufe den größten Abstand vom Schwerpunkte des Sonnensystems erreicht hat, während das Minimum ungefähr mit der größten Annäherung dieser beiden Punkte zusammenfallen wird.

Die Länge einer Periode müßte wegen der überwiegenden Masse Jupiters zwar annähernd mit einem Umlaufe dieses Planeten zusammenfallen, aber bei der geringen Exzentrizität seiner Bahn werden anscheinend durch die Einwirkung der übrigen Planeten Verfrühungen

und Verzögerungen der Maximal- und Minimalsonnentätigkeit herbeigeführt, welche je nach der Stellung der Planeten einen größern und geringern Umfang erreichen, so daß die wirkliche Länge der einzelnen Perioden doch mehr oder weniger von einem Umlaufe Jupiters abweicht. Es ist indessen nicht zu übersehen, daß die Einwirkung Jupiters auf die Sonnentätigkeit nur indirekt zur Geltung kommt, und daß auch aus diesem Grunde Ungleichmäßigkeiten in der Länge der Perioden entstehen können.

Epochen der Maxima der Sonnenflecke	Jupiter im Aphel	Abweichung	Epochen der Minima der Sonnenflecke	Jupiter im Perihel	Abweichung
			I.		
1615.0	1614.3	−0.7	1610.8	1608.3	−2.5
1626.0	1626.1	+0.1	1619.0	1620.2	+1.2
1639.5	1637.9	−1.6	1634.0	1632.0	−2.0
1655.0	1649.8	−5.2	1645.0	1643.9	−1.1
—	1661.6	—	—	1655.7	—
1675.0	1673.5	−1.5	1666.0	1667.6	+1.6
1685.5	1685.3	−0.2	1679.5	1679.4	−0.1
1693.0	1697.2	+4.2	1689.5	1691.2	+1.7
1705.0	1709.0	+4.8	1698.0	1703.1	+5.1
1717.5	1720.8	+3.3	1712.0	1714.9	+2.9
1727.5 }	1732.7	+5.2	1723.0	1726.8	+3.8
1738.5 }			1733.0	1738.6	+5.6
1750.9	1744.5	−5.5	1745.0 }	1750.5	−5.2
1761.5	1756.4	−5.1	1755.7 }		
			1766.5	1762.3	−4.2
			II.		
1770.0	1768.2	−1.8	1775.8	1774.1	−1.7
1779.5	1780.1	+0.6	1784.8	1786.0	+1.2
1788.5	1791.9	+3.4	1798.5	1797.8	−0.7
1804.0	1803.7	−0.3	1810.5	1809.7	−0.8
1816.3	1815.6	−1.2	1823.2	1821.5	−1.7
1829.5	1827.4	−2.1	1833.8	1833.4	−0.4
1837.2	1839.3	+2.1	1844.0	1845.2	+1.2
1848.9	1851.1	+2.5	1856.2	1857.0	+0.8
1860.2	1863.0	+2.8	1867.2	1868.9	+1.7
1870.6	1874.8	+4.2	1879.0	1880.7	+1.7
1884.0	1886.6	+2.6	1890.2	1892.6	+2.4
1894.0	1889.5	+4.5	1901.5	1904.4	+2.9

Über die etwaige Beziehung der Sonnenfackeln zu den Protuberanzen hat A. Mascari Untersuchungen angestellt.[1]) Dieselben beruhen auf den Aufzeichnungen über Protuberanzen und von Fackeln umgebene Fleckgruppen zu Catania, Rom und Zürich während der Jahre 1900 und 1901. Es ergab sich keine deutliche Beziehung

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani **32.** p. 223. Naturwiss. Rundschau 1903 **p. 161.**

zwischen beiden Sonnenphänomenen, ja die Anwesenheit von Protuberanzen auf Fackelgebieten ist ein sehr seltener Fall. Die Beobachtungen der beiden genannten Jahre lehrten, daß unter 642 Fackelgruppen, die in der Nähe des Sonnenrandes beobachtet wurden, und von denen jede Gruppe mit den Beobachtungen der Chromosphäre an mindestens zwei folgenden Tagen verglichen wurde, nur 34 mit Protuberanzen von mehr als 30″ Höhe bemerkt wurden, während die Protuberanzen, die an den Tagen der Fleckenbeobachtungen überhaupt gesehen wurden, die Zahl 282 erreichen. Das heißt, daß unter 282 Protuberanzen 34 sich über Fleckengruppen erhoben, und 248 von diesen unabhängig waren. Ferner wurde in 215 Fällen, also in einem Drittel der Fackelgruppen, eine unruhige oder übermäßig hohe, oder mit Strahlen besetzte Chromosphäre angetroffen, aber die Ausdehnung der Grundflächen der Protuberanzen oder gestörten Chromosphäre war stets um vieles kleiner als die der entsprechenden Fackelgruppe. Aus seiner Untersuchung des Gesamtmaterials der Beobachtungen in den Jahren 1900 und 1901 schließt Mascari: »Daß ebenso in den Gebieten der lebhaften Fackeln wie in andern Fackelgebieten die Fälle der Koinzidenz der Protuberanzen mit den Fackeln selten sind. Daß in diesem seltenen Falle des Zusammenfallens die Ausdehnung der Grundflächen der Protuberanzen oder die der unruhigen Chromosphäre längs des Sonnenrandes fast immer kleiner ist als die der entsprechenden Fackelgruppe. Daß in dem Falle, wo die Fackeln die Flecken begleiten oder umgeben, wenn eine Störung in der Chromosphäre existiert, gewöhnlich niedrige Protuberanzen oder einfache Strahlen, die aber einen eruptiven Charakter haben, auftreten. Daß die Tätigkeit der beiden Erscheinungen, Fackeln und Protuberanzen, sich in verschiedener Weise in den verschiedenen Sonnenbreiten kundgibt und ein ganz verschiedenes Verhalten hat. Daß Fälle von anhaltenden Protuberanzerscheinungen angetroffen werden ohne eine entsprechende Bildung von Fackeln und umgekehrt. Alle diese Tatsachen zusammen können in keiner Weise in Harmonie sein mit der Hypothese, welche behauptet, daß die Fackeln Wasserstoffprotuberanzen sind, die man gewöhnlich am Rande beobachtet, die aber nun auf die Scheibe projiziert sind; hingegen scheinen sie zu beweisen, daß die Fackeln und jene Protuberanzen zwei getrennte und vollkommen unabhängige Erscheinungen sind.«

Vermutete Identität von Fackeln und Protuberanzen. Im Mai 1901 beobachtete E. Tringali eine Gruppe von Sonnenflecken und Fackeln fast von ihrem ersten Auftreten am Ostrande bis zu ihrem Verschwinden am Westrande der Sonnenscheibe. Die Rückkehr dieser Gruppe wurde vom Beobachter um den 13. Juni erwartet und überwacht. An diesem Tage zeigten sich da, wo am Rande der Sonnenscheibe die Fleckengruppe auftauchen mußte, drei helle Pro-

tuberanzen und am nächsten Tage die jetzt etwas kleiner gewordene Fleckengruppe. Hierdurch wurde der Beobachter veranlaßt, nachzuforschen, ob die Protuberanzen nicht vielleicht bloße Fackeln sind, welche den Ostrand der Sonnenscheibe noch nicht erreicht, oder den Westrand eben verlassen haben. Er untersuchte, ob alle am Ostrande der Sonne sichtbaren Protuberanzen von Fackeln gefolgt wurden, und ob diese ihrerseits allen am Westrande verschwindenden Fackeln folgten. Eine Reihe von Beobachtungen aus der Zeit vom 30. Dezember bis 27. August 1902 bestätigte im allgemeinen diese Hypothese; doch kamen hin und wieder Ausnahmen vor, es erschienen und verschwanden Fackeln ohne die entsprechenden Protuberanzen und umgekehrt. Diese vereinzelten negativen Befunde widerlegen aber die Hypothese von der Identität der beiden Phänomene nicht, da sowohl ein Verlöschen oder eine Neubildung der Fackeln oder Protuberanzen zwischen den beiden korrespondierenden Beobachtungen, als auch ein Verschwinden der Fackeln am Ostrande oder der Protuberanzen am Westrande eintreten kann. Tringali glaubt, durch seine auf dem Observatorium des Collegio Romano ausgeführten Beobachtungen die vermutete Identität zwischen Fackeln und Protuberanzen, welche sich somit nur durch ihre verschiedene Stellung unterscheiden, erwiesen zu haben.[1]) Dieser Zusammenhang ist übrigens so naheliegend, daß jeder, der sich mit Sonnenbeobachtungen befaßt, wohl von selbst darauf verfällt. In der Tat haben schon frühere Beobachter wiederholt darauf hingewiesen und die Identität der Fackeln und Protuberanzen behauptet. Am nachdrücklichsten ist dies bereits vor 30 Jahren von Prof. Spörer geschehen, der direkt aussprach, die flammigen Protuberanzen und die Sonnenfackeln seien identische Erscheinungen.[2]) Tringali hat also durch seine oben erwähnte Untersuchung nur eine Bestätigung der Spörerschen Entdeckung geliefert.

Über eine Beziehung zwischen den Sonnenprotuberanzen und dem Erdmagnetismus verbreiteten sich die beiden Lockyer. In einer frühern Abhandlung[3]) wurde konstatiert, daß bei einer vorläufigen Reduktion der Beobachtungen der Sonnenprotuberanzen von Tacchini in Rom sich herausstellt, daß außer den großen Epochen der Maxima und Minima der Protuberanzen, welche der Zeit nach mit den Maximis und Minimis der totalen von Sonnenflecken bedeckten Fläche übereinstimmen, noch deutliche sekundäre Maxima und Minima vorhanden sind.

---

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 1902. 31. p. 184—190.

[2]) Monatsberichte der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1871 p. 666; Astron. Nachr. Nr. 1870.

[3]) Meteorol. Zeitschr., Sept. 1902 p. 423.

Einer von uns (sagen die Verfasser) hat in einer vor kurzem erschienenen Mitteilung an die Académie des Sciences[1]) darauf hingewiesen, daß ein Vergleich der Häufigkeit wahrnehmbarer Protuberanzen in jeder Sonnenbreite mit der Häufigkeit sehr heftiger magnetischer Stürme besagt: 1. daß magnetische Stürme, welche nach Ellis als »groß« bezeichnet werden, gleichzeitig mit der größten Protuberanzentätigkeit an den Polen der Sonne, auftreten; 2. daß die Kurve allgemeiner magnetischer Tätigkeit nahezu gleich ist jener der Protuberanzen, welche in der Nähe des Sonnenäquators beobachtet werden.

In der vorliegenden Mitteilung sollen die detaillierten Angaben der Untersuchung, soweit sie vorgeschritten ist, wiedergegeben werden.

Die Beobachtungen der Protuberanzen. Die gute Beobachtungsreihe von Tacchini,[2]) bezüglich der Zahl und Breite der Protuberanzen auf der Sonnenscheibe diente als Grundlage für die Untersuchung der Kurven. Diese Beobachtungen begannen im Jahre 1872 und sind bis heute fortgeführt worden, so daß wir wertvolle kontinuierliche Aufzeichnungen haben. Sie wurden von Zeit zu Zeit in allen Details publiziert, wodurch es möglich geworden ist, dieselben in jeder gewünschten Weise zu verwerten. Bei der Reduktion der Beobachtungen wurde jede Zone von 10° untersucht und für sich diskutiert. Die Beobachtungen wurden zuerst in Gruppen von 3 Monaten geteilt und die Häufigkeit der Protuberanzen dadurch bestimmt, daß die beobachtete Anzahl derselben durch die Anzahl der Tage dividiert wurde, an welchen während dieser Periode Beobachtungen gemacht worden waren.

Auf diese Weise wurde eine Reihe von 18 Kurven konstruiert, neun für jede Hemisphäre, welche Jahr für Jahr die Variation der Häufigkeit der Protuberanzentätigkeit in jeder 10° umfassenden Zone zeigen.

Die Untersuchung dieser Kurven zeigt, daß sie sich sehr bedeutend voneinander unterscheiden, wenn man von den Äquatorial- zu den Polarzonen übergeht. Im allgemeinen stimmt die Variation für jede Zone von 0—20° nördl. und südl. Br. mit der Sonnenfleckenkurve überein, d. h. die Maxima und Minima treten ungefähr zu denselben Zeiten auf wie die Sonnenfleckenmaxima und -minima. Jene für die 2 Zonen von 20—40° in beiden Hemisphären stimmen im großen und ganzen ebenfalls mit der allgemeinen Sonnenfleckenkurve überein, außerdem zeigen sie jedoch sekundäre Maxima oder Änderungen der Krümmung, welche die Hauptkurve überlagern.

Die Kurven für die beiden Zonen von 40—60° nördl. und südl. Br. haben dagegen kaum eine Ähnlichkeit mit der Sonnenfleckenkurve, sondern sind aus Reihen hervorragender Maxima zusammen-

[1]) Compt. rend. **135.** Nr. 8 25. August 1902.

[2]) Società degli Spettroscopisti Italiani 1872. **1.** 1900. **29.**

gesetzt, welche ein besonders starkes Auftreten der Protuberanzentätigkeit darstellen.

Die Kurven für die beiden Zonen von 60—80° nördl. und südl. Br. zeigen für kurze Zeit zwei hervorragende Ausbruchsperioden, diese Region der Sonne ist also im allgemeinen nahezu frei von der Protuberanzentätigkeit; in den übrigbleibenden Zonen von 80 bis 90° nördl. und südl. Br. ist die Variation gering und ein schwaches Abbild des Zustandes in der benachbarten Zone von 60—80°.

Die magnetischen Kurven. Die Daten bezüglich der magnetischen Phänomene, welche bei diesem Vergleiche herangezogen wurden, sind von Ellis zusammengestellt und in 2 Abhandlungen über magnetische Phänomene publiziert worden.[1])

Es werden dort 2 Klassen von magnetischen Phänomenen behandelt: die Variation des täglichen Ganges der Deklination und Horizontalintensität von Jahr zu Jahr und die magnetischen Störungen.

Was erstere betrifft, so hat Ellis gezeigt,[2]) daß die Kurven, welche diese Änderungen darstellen, sehr ähnlich sind der allgemeinen Kurve der Sonnenflecken; in der Tat ergab sich, daß die Kurven in all ihren kleinen Unregelmäßigkeiten nahezu identisch sind.

Die 2. Klasse von Phänomenen, die magnetischen Störungen, welche in ihrem Auftreten unregelmäßiger sind, wurde von Ellis in 5 Gruppen geteilt und von ihm in fünf getrennte Abteilungen eingereiht. In der vorliegenden Arbeit soll nur die eine dieser Klassen in Betracht gezogen werden, nämlich jene, welche mit »groß« bezeichnet ist und die größten Störungen enthält. Die Kurve, welche die Variation in der Zahl dieser Störungen angibt, zeigt kurze, intermittierende Zacken, wirkliche Ausbrüche, mit raschem Anstiege zum Maximum und Abfall zum Minimum und verhältnismäßig langen Intervallen von Ruhe.

Vergleich der Kurven der Häufigkeit der Protuberanzen und der Variation der täglichen Schwankung des Erdmagnetismus. Ellis hat, wie bereits bemerkt wurde, auf die große Ähnlichkeit zwischen der Sonnenfleckenkurve und jener, welche die Variation der magnetischen Elemente darstellt, aufmerksam gemacht; oben ist gezeigt worden, daß die Kurven, welche die Häufigkeit der Protuberanzen in der Nähe des Sonnenäquators wiedergeben, im allgemeinen mit der Sonnenfleckenkurve übereinstimmen.

Also besteht offenbar ein Zusammenhang zwischen den Phänomenen, welche in den Äquatorialregionen der Sonne auftreten (welche

---

[1]) Phil. Trans. 1846. Part II. »On the Relation between the Diurnal Range of Magnetic Declination and Horizontal Force, as observed at the Royal Observatory, Greenwich, during the years 1841 to 1877, and the Period of Solar Spot Frequency«; Monthly Notices, R. A. S., Dezember 1899, 60. Nr. 2. »On the Relation between Magnetic Disturbance and the Period of Solar Spot Frequency«.

[2]) Phil. Trans. 1880. Part. II.

durch die Protuberanzenzonen in der Nähe des Äquators und durch die Sonnenflecken charakterisiert sind, welche im allgemeinen auf diese Zonen beschränkt sind) und der gewöhnlichen täglichen Schwankung der magnetischen Elemente.

Vergleich der Kurven für die Protuberanzen mit jenen der magnetischen Störungen. Wenn man die Kurve, welche die Anzahl der Tage mit »großen« magnetischen Störungen darstellt, mit jenen für die Häufigkeit der Protuberanzen vergleicht, so sieht man, daß erstere ebenso unähnlich ist den Kurven, welche die Häufigkeit der Protuberanzen in der Nähe des Sonnenäquators darstellen, wie sie jenen in der Nähe der Pole ähnlich ist. In der Tat treten Protuberanzenausbrüche an den Polen fast gleichzeitig mit großen magnetischen Störungen auf.

Das gleichzeitige Auftreten der Maxima deutet darauf hin, daß eine Einwirkung auf die Erde darin besteht, daß sehr große magnetische Störungen auftreten, wenn das Auftreten der Protuberanzen in den Polarregionen der Sonne stattfindet.

Ferner sind nach Ellis[1]) »ungewöhnliche magnetische Störungen zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima häufig, während sie zur Zeit der Sonnenfleckenminima nahezu ganz fehlen.«

Wir finden, daß nicht nur diese »großen« Störungen zu derselben Zeit auftreten wie die Protuberanzen am Pol, die spektroskopischen Beobachtungen der Sonnenflecken zeigen auch, daß sie nicht nur zur Zeit des Fleckenmaximums auftreten, wie Ellis festgestellt, sondern auch wenn die Sonnenfleckenkurve sich einem Maximum nähert und zur Zeit der Kreuzung der »verbreiterten« Linien,[2]) wenn die Kurve für die »unbekannten« Linien im Ansteigen begriffen ist und die absteigende für die »bekannten« Linien kreuzt. Bei der andern Epoche der Kreuzung, d. i. wenn die Kurve für die »bekannten« Linien ansteigt, und jene für die »unbekannten« fällt, sind nahezu keine magnetischen Störungen vorhanden. Es wird die Aufmerksamkeit wieder auf diese Kreuzungen gerichtet, um zu zeigen, daß diese Störungen nur zu jenen Zeiten auftreten, wenn die Temperatur der Sonne in Zunahme begriffen ist.

Die erwähnten Umstände geben eine Erklärung, warum manchmal magnetische Stürme auftreten, wenn keine oder nicht sehr große Flecken auf der Sonnenoberfläche vorhanden sind. Da das Auftreten von magnetischen Stürmen in engem Zusammenhange steht mit den Sonnenprotuberanzen, können Protuberanzen und magnetische Stürme vorhanden sein, wenn auch keine Sonnenflecken vorhanden sind. Protuberanzen können auch manchmal gleichzeitig mit großen Sonnenflecken auftreten, und da die letztern beobachtet werden können, während dies bei den erstern nicht der Fall ist, wird der davon

[1]) Monthly Notices. 60. p. 148.
[2]) Proceed. Roy. Soc. 67. p. 412.

herrührende magnetische Sturm im allgemeinen den Flecken zugeschrieben.

Ferner scheint die Intensität der magnetischen Stürme mit der Breite der Protuberanzen auf der Sonnenscheibe sich zu ändern. Je näher dem Pol die Protuberanz auftritt, umso heftiger ist der magnetische Sturm; dies sind jedoch die Regionen, in welchen Flecken nicht vorhanden sind.

Wir haben im vorausgehenden gezeigt, daß die Variationen der allgemeinen magnetischen Erscheinungen, wie sie durch Ellis gegeben werden, mit dem Auftreten von Protuberanzen am Sonnenäquator zusammenfallen, während die »großen« magnetischen Störungen der Zeit nach mit dem Auftreten von Protuberanzen in den Polarregionen der Sonne zusammenfallen.

Prof. Bigelow hat vor kurzem [1]) die Variationen der magnetischen Horizontalintensität untersucht und findet, daß die Kurve, welche diese Änderungen darstellt, sekundäre Maxima zeigt, welche zusammenfallen mit jenen, welche in der Kurve auftreten, welche die mittlere Variation der Protuberanzen für alle Breiten wiedergibt. So kann, nach seinen Worten, »der auffallende Synchronismus zwischen den Kurven nicht verborgen bleiben, außer nach dem Jahre 1894, wo ein besonders kleines Maximum in der Horizontalintensität ausgebildet ist«.

Die spektroskopischen Ergebnisse der Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 sind von J. Evershed zusammengestellt worden.[2])

Im allgemeinen wurden die aus den Beobachtungen 1898 abgeleiteten Schlüsse bestätigt. Es ergab sich, daß während der Totasität jede starke Linie des normalen Sonnenspektrums, welche die Intensität sieben von Rowland übersteigt, als helle Linie erscheint; ferner fällt die große Mehrzahl der hellen Linien des Flashspektrums, mit Ausnahme der Wasserstoff- und Heliumlinien mit dunklen Linien von der Intensität nicht unter drei zusammen. Die meisten hellen Bogen des Flashspektrums sind scharfe, schmale Linien, die beträchtliche Genauigkeit der Messungen gestatten, und die jetzigen Bestimmungen der Wellenlängen deuten an, daß das Zusammenfallen der hellen Linien mit den dunklen für alle gut bestimmten Linien bis auf 0,5 μ (Zehnmilliontel Millimeter) genau ist. Bezüglich der relativen Intensitäten der Linien eines Elements in den Flash- und Fraunhoferschen Spektren müssen die frühern Resultate wie folgt modifiziert und erweitert werden: Die relativen Intensitäten einzelner Linien eines Elements im Flashspektrum sind allgemein, aber nicht ganz genau, in Übereinstimmung mit denen desselben Elements im

[1]) Monthly Weather Review 30. Nr. 7. p. 352.

[2]) Proceed. Roy. Soc. 1903. 71. p. 228.

Sonnenspektrum, und diejenigen Linien, welche im Flash ausnahmsweise stark sind, sind meist Linien, welche im Funkenspektrum des Elements verstärkt auftreten. Alle hervorragenden, verstärkten Linien des Eisens und Titans, die Norman Lockyer bestimmt hatte, findet man mit starken Linien im Flash zusammenfallend, aber wegen der zusammengesetzten Natur einiger dieser Linien ist es nicht sicher, daß alle abnorme Intensitäten im Flash haben. Es ist kein Beweis dafür vorhanden, daß die relativen Intensitäten eines Elementes in den höhern und niedrigern Gebieten der umkehrenden Schicht verschieden sind. Die verstärkten Linien scheinen in der ganzen Tiefe der strahlenden Schicht vorzuherrschen, sie sind gleich ausgeprägt in den Polargegenden wie in niedern Breiten, und das Flashspektrum erweist sich als dasselbe in allen Breiten, es zeigt keine wesentliche Änderung nach einem Intervall von 5 Jahren.

Die ganze Chromosphäre besteht nach der Annahme von Evershed aus zahllosen kleinen Eruptionen oder Strahlen von hoch erhitzten Gasen, ähnlich den sogenannten metallischen Protuberanzen, welche nur die ausgesprochenern Bestätigungen derselben eruptiven Agenzien sind.

Als Beweis hierfür weist er auf die charakteristischen Eigenschaften der Chromosphäre und die detaillierte Struktur vieler Fraunhoferschen Linien hin, welche breite Emissionslinien zeigen, die unter den schmalen Absorptionslinien liegen. Diese schlecht begrenzten, hellen Linien des normalen Sonnenspektrums sind nach Violett verschoben und deuten ein heftiges Aufsteigen der heißern Gase an, während die schmalen Absorptionslinien fast in ihren normalen Stellungen sind und ein langsames und gleichmäßiges Niedersinken der absorbierenden Gase anzuzeigen scheinen.

Evershed kommt zu dem Schlusse, daß das Flashspektrum die Emission der aufsteigenden und niedersinkenden Gase repräsentiert, während das Fraunhofersche Spektrum nur die Absorption der absteigenden Gase darstellt.

Die neuen Gase, Neon, Argon, Krypton und Xenon, in der Chromosphäre. S. A. Mitchell hat[1]) bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 auf Sumatra das Spektrum der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre (das sogenannte Flashspektrum) mit einem Apparat, der ein Rowlandsches Gitter und eine Quarzlinse besitzt, photographiert. Das Spektrum, welches erhalten wurde, zählt nicht weniger als 374 Linien, die gemessen wurden zwischen F und H. Die Vergleichung der Intensitäten und der Zahl der den verschiedenen Elementen zugehörigen Linien im Flash- und im normalen Sonnenspektrum führt Prof. Mitchell zu einer Dreiteilung derselben in 1. Linien, die in beiden Spektren stark sind, 2. die stark

[1]) Astrophysical Journal 1903. 17. Nr. 3 p. 224.

im Flash- und schwach im Sonnenspektrum sind, und 3. solche, die schwach im Flash- und stark im Sonnenspektrum erscheinen. Zur 2. Gruppe gehören die Elemente: Wasserstoff, Helium, Skandium, Titan, Vanadin, Chrom, Mangan, Strontium, Yttrium und Zirkonium. Infolge seiner geringen Dichtigkeit steigt das Helium bis zu beträchtlicher Höhe über die Sonnenoberfläche, und infolgedessen sind weiterhin die Heliumlinien im Flashspektrum sehr hervortretend. Man kann nun die Linien des Neon und Argon im Flashspektrum ebenfalls erwarten, aber diejenigen der weniger flüchtigen Gase Krypton und Xenon wahrscheinlich nicht. Im gewöhnlichen Sonnenspektrum ist keines dieser Gase durch seine Linien nachweisbar, aber die genaue Vergleichung ihrer Spektra mit den Aufnahmen des Flashspektrums der Sumatra-Expedition hat Prof. Mitchell zu der Überzeugung geführt, daß gewisse Linien dieser neuen Gase tatsächlich in der Sonnenatmosphäre sichtbar werden. Bezüglich des Neon und Argon kommt er zu dem Ergebnis, daß sie unzweifelhaft in der Chromosphäre vorhanden sind, für Krypton und Argon hält er solches noch nicht sicher erwiesen. Der Nachweis dieser Gase auf der Sonne und die unzweifelhafte Gegenwart von freiem Wasserstoff in der Erdatmosphäre hat eine überaus große Wichtigkeit für die kosmische Physik. Nach Liveing in Dewar kann die Erde weder Wasserstoff zurückbehalten, noch erzeugen, daher muß ein fortwährendes Zuströmen desselben aus dem Weltraume in die Atmosphäre stattfinden, und ein ähnlicher Zufluß bezüglich der andern Gase ist nicht abzuweisen.[1]) Sie spielen eine bedeutende Rolle in den Polarlichtern, den kosmischen Nebelflecken und der Korona, doch hält Mitchell dies bezüglich der Polarlichter für Krypton und Xenon noch nicht erwiesen. Helium und Neon können nach seiner Meinung ihren Ursprung auf der Erde haben, allein für den freien Wasserstoff unserer Atmosphäre ist solches nicht annehmbar, vielmehr meint Mitchell, in Übereinstimmung mit Arrhenius, daß dieser mit kleinen ionisierten Partikelchen von der Sonne zur Erde herabkommt.

Die periodischen Veränderungen der Sonnenkorona.

Das Aussehen der Korona zeigte sich bei den verschiedenen Sonnenfinsternissen sehr verschieden, doch ist auf die ältern Zeichnungen etwa aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur wenig oder kein Gewicht zu legen, da man damals der Korona nicht diejenige Aufmerksamkeit schenkte, welche sie beanspruchen darf. Ranyard hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß das Aussehen der Korona um die Epochen der größten Fleckentätigkeit der Sonne typisch von demjenigen verschieden sei, welches sie zeigt, wenn die Sonnenflecke nahe dem Minimum ihrer Anzahl sind,[2]) und begrün-

[1]) Proceed. Roy. Soc. 1900. 67. p. 468.
[2]) Memoirs of the Roy. Astron. Soc. 41.

dete diesen Schluß auf die Beobachtungen und Zeichnungen der Korona während der Finsternisse von 1715—1878. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Hansky in seinem Berichte über die Ergebnisse der russischen Sonnenfinsternis-Expedition 1896 nach Nowaja Semlja. Jetzt hat K. D. Naegamvala, Direktor der Sternwarte zu Poona in Indien, die Frage behandelt[1]) und kommt zu dem Ergebnis, daß es verschiedene Typen der Sonnenkorona gibt, und daß deren Aussehen nicht lediglich mit der Epoche der Maxima und Minima der Sonnenflecke wechsele, sondern mehr noch den dazwischen liegenden Zeiten entspreche, in denen die Fleckenkurve ihre mittlere Höhe hat und von dieser entweder steigt oder fällt. Der Astronom von Poona hat das Aussehen der Korona bei 21 totalen Sonnenfinsternissen von 1860—1898, wie es in Zeichnungen und Photographien enthalten ist, zusammengestellt. Auf mehrern Tafeln zeigt er die Korona geordnet nach der Häufigkeit der Sonnenflecke gemäß den Tabellen von Wolf und den mittlern jährlichen und monatlichen Häufigkeitszahlen. Die regelmäßigste Entwicklung des Aussehens der Korona zeigt die Aneinanderreihung der Zeichnungen derselben von der größten absoluten monatlichen Fleckenhäufigkeit bis zur geringsten. Man erkennt in dieser systematischen Nebeneinanderreihung der Gestalten der Sonnenkorona tatsächlich typische Verschiedenheiten. Vor allem sind die Koronen bei sehr niedrigem Fleckenstande, 1889.97, 1867.66, 1889.00 und 1878.57 untereinander sehr ähnlich, aber durchaus verschieden von den übrigen mit Ausnahme der Korona von 1880.03, bei der aber auch der Fleckenstand der Sonne gering war. Um die Zeit der geringsten Fleckenhäufigkeit zeigt die Korona hauptsächlich zwei breite Lichtstrahlen parallel zur Ebene ihres Äquators, aber keine Strahlen an den Polen, während um die Epoche der Fleckenmaxima herum am ganzen Umkreise der Sonnenscheibe Lichtstrahlen emporschießen. Die auffälligsten Formen aber zeigen sich in den Zeiten eines gewissen mittlern Fleckenstandes. Freilich darf man nicht allzuviel Gewicht auf die Einzelheiten legen, denn die frühern Photographien der Korona sind zum Teil mangelhaft, und erst mit Einführung der Trockenplatten ist ein wirklicher Vorzug der photographischen vor der zeichnerischen Reproduktion der Sonnenkorona zuzugeben. Dazu kommt, daß in der Nähe der Sonne Kometen zirkulieren können, deren Schweife sich mit den Koronastrahlen im Bilde vermischen, wie es wahrscheinlich bei der Sonnenfinsternis am 21. Dezbr. 1889 wirklich der Fall gewesen ist. Immerhin muß man zugeben, daß die Tätigkeit der Sonne, welche sich in dem elfjährigen Fleckenzyklus offenbart, auch im Aussehen der Korona zutage tritt, wenngleich die Ursache dieser Verschiedenheiten noch völlig dunkel ist.

[1]) Publications of the Maharaja Takhtasingji Observatory, Poona. 1. p. 57.

Über den wahrscheinlichsten Wert der Sonnenparallaxe auf Grund der bis jetzt bekannten Bestimmungen derselben hat Boris Weinberg in Odessa eine bemerkenswerte Studie veröffentlicht.[1] Er stellt 117 Bestimmungen der verschiedensten Art zusammen und leitet deren Gewicht im einzelnen nach einem besondern Rechnungsverfahren ab. Auf diesem Wege erhielt er für die verschiedenen Methoden, die Sonnenparallaxe zu berechnen, folgende Mittelwerte:

Methode	Parallaxe
Oppositionsbeobachtungen des Mars	8".8589
Meridianbeobachtungen der Venus	8.9435
Durchgangsbeobachtungen der Venus	8.7816
Bestimmungen der Distanzen der Centra der Sonne und der Venus bei ihren Durchgängen	8.8604
Oppositionsbeobachtungen von Asteroiden	8.8032
Masse der Erde	8.7591
Koeffizient der lunaren Ungleichheit der Erdbewegung .	8.8469
Koeffizient der parallaktischen Ungleichheit der Mondbewegung	8.8026
Dichte der Venus	9.63
Generalmittel	8.8022

Der Verfasser stellt nun dieses Generalmittel mit den Mittelwerten anderer Forscher zusammen, wie folgende Tabelle zeigt.

Autoren und Literaturangaben	Parallaxe
Newcomb, 1867	8".848
Powalky, 1872; Astr. Nachr., 80, 97—112 . . .	8.77
Stone, 1878; Month. Not., 38, 279—295	8.897
Faye, 1881	8.825
Harkness, 1881; Amer. Journ. of Sc., 22, 375—394	8.85
Harkness, 1891	8.8185
Newcomb, 1895	8.7959
Gill, 1897	8.8021
Weinberg, 1901	8.8003

Als Endresultat seiner Untersuchung findet er schließlich als wahrscheinlichsten Wert der Sonnenparallaxe $\pi = 8.8004'' \pm 0.002\,43''$.

Planeten.

Planetoidenentdeckungen im Jahre 1902. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[2]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte als neu entdeckt eingereiht worden:

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3866.

[2]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Ges. 1903. 38. p. 59.

(480) GL	1901	Mai 21	von	Wolf-Carnera	Heidelberg
(481) HP	1902	Febr. 12	„	Carnera	
(482) HT	„	März 3	„	Wolf	
(483) HU	„	März 4	„	„	
(484) HX	„	April 29	„	„	
(485) HZ	„	Mai 7	„	Carnera	
(486) JB	„	Mai 11	„	„	
(487) Venetia	„	Juli 9	„	„	

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	Ω	ι	φ	α	Berechner
(480)	237° 5'0	21° 4'8	2° 25'8	2.64	Bauschinger
(481)	66 52.5	9 51.9	8 51.3	2.74	Osten
(482)	180 15.2	14 23.8	5 41.2	3.00	P. V. Neugebauer
(483)	175 37.4	18 39.5	2 57.2	3.43	Paetsch
(484)	127 7.2	12 28.1	3 57.6	2.68	Berberich
(485)	193 11.4	13 21.1	7 59.0	2.73	Bauschinger
(486)	94 2.5	11 8.1	9 22.0	2.36	Berberich
(487)	115 2.2	10 15.4	4 53.9	2.67	Millosevich.

Diese Elemente, sagt Lehmann, bieten wenig Bemerkenswertes. Zu erwähnen wäre etwa nur, daß der Planet (483) sich bis auf den Abstand von 2.10 dem Jupiter nähern kann. Die höchste Deklination, welche der Planet (480) zur Zeit der Opposition erreichen kann, beträgt bei der kleinen Exzentrizität seiner Bahn und der ungünstigen Lage des Knotens trotz seiner ziemlich großen Neigung gegen die Ekliptik nicht mehr als $+25^0 9$ (Ende Oktober) und $-25^0 5$ (gegen Ende April).

Annähernde Ähnlichkeit zeigen die Bahnelemente der Planeten

	Ω	ι	φ	α
(484)	= 127°1	= 12°5	= 4°0	= 2.68
(402)	129.5	11.8	6.4	2.56.

Von den 22 Planeten (458)—(461) und (463)—(480), welche seit dem letzten Bericht zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (458), (476) und (478) beobachtet; von ältern bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(437)	in der 4. Erscheinung
(421), (426), (431)	„ „ 5. „
(417)	„ „ 6. „
(493), (494)	„ „ 7. „
(341), (359)	„ „ 8. „
(296), (360)	„ „ 9. „
(156)	„ „ 23. „

Der letztgenannte Planet (156) Xanthippe war schon im Jahre 1901 beobachtet, und es war bereits damals von Ebell in Kiel auf die Wahrscheinlichkeit einer Identität des anfänglich für einen neuen

gehaltenen Planeten mit (156) hingewiesen worden, doch führten jene ersten Untersuchungen noch zu keinem sichern Abschluß, wie er seitdem nach der erneuten Beobachtung im Jahre 1902 ermöglicht wurde.

In der 3 Opposition wurden die seit 11, bezw. 8 Jahren nicht wiedergefundenen Planeten (289) und (300) beobachtet.

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1902 neu entdeckten, beträgt gegenwärtig (Ende Februar 1903) 72.

Von den in frühern Berichten noch nicht mit Namen versehenen Planeten sind nunmehr die folgenden benannt worden: (472) Roma, (475) Ocllo, (477) Italia und (478) Tergeste.

Die Neigungen der Rotationsachsen der Planeten gegen ihre Bahnebenen spielen in der Kosmogonie bekanntlich eine große Rolle, und ihre Erklärung bietet Schwierigkeiten. Prof. W. H. Pickering gibt neuerdings in letzterer Beziehung einige interessante Erörterungen, welche eine Erklärung der Erscheinung bieten.[1] Man denke sich einen abgeplatteten Rotationskörper, ein Sphäroid, das eine Bahn um die Sonne beschreibt und stets einem Sterne die gleiche Seite zuwendet. Wenn dieses Sphäroid mit einer tiefen Flüssigkeitsschicht bedeckt ist, so wird eine jährliche Flut entstehen, und diese mit der Zeit das Sphäroid zwingen, sich um seine Achse so zu drehen, daß es stets der Sonne die nämliche Seite zuwendet. Nehmen wir jetzt an, dieses Sphäroid habe ursprünglich eine Rotation um seine kleine Achse besessen, und diese liege in der Ebene seiner Bahn, wie solches nahezu beim Planeten Uranus der Fall ist. In diesem Falle finden 2 Rotationen statt, unabhängig voneinander und um die beiden senkrecht zueinander stehenden Achsen. Daraus resultiert, wie man am Gyroskop zeigen kann, eine Tendenz der kleinen Achse, aus der Bahnebene herauszutreten, und zwar derart, daß die Ebene des Äquators des Planeten sich seiner Bahnebene nähert, so daß Rotation und Umlauf sich in derselben Richtung vollziehen. Als gemäß der Laplaceschen Weltbildungstheorie sich von dem Urnebel Ringe ablösten und die Planeten bildeten, mußten diese in retrogradem Sinne rotieren. Infolge der oben erwähnten Flutwirkung mußte aber die Ebene, in der ihre Rotation stattfand, sich stufenweise drehen, derart, daß sie ursprünglich der Ebene der Ringe parallel, später senkrecht dazu stand und schließlich wiederum parallel zu derselben wurde, aber jetzt mit Rotation in rechtläufiger Richtung. Man findet eine fortschreitende Änderung dieser Ebenen bei den Bahnen der Monde der vier großen Planeten. So ist beim Neptun der Winkel, den beide Bahnebenen miteinander machen, etwa 145°, für Uranus beträgt er 98°, für Saturn (bei den innern

[1] Astron. Journ. 1902.

Satelliten) 27° und für Jupiter 2°. Auch bei den innern Planeten findet dasselbe statt. Für Mars ist der besagte Winkel 25°, für die Erde 23°, für Venus ist er unbekannt, und bezüglich des Merkur darf man nach den Zeichnungen seiner Oberfläche zu Mailand, Arequipa und Flagstaff annehmen, daß er kleiner ist.

Die Rotationsdauer der Venus. Prof. Schiaparelli hat im Jahre 1890 als Ergebnis seiner eigenen Beobachtungen und auf Grund einer eingehenden Diskussion des bis dahin vorliegenden fremden Materials die Überzeugung ausgesprochen, daß der Planet Venus sich wahrscheinlich in der gleichen Zeitdauer um seine Achse dreht, in welcher er seinen siderischen Umlauf um die Sonne vollführt, also in 224.7 Tagen. Bis dahin galt als wahrscheinlich, daß die Umdrehungsdauer der Venus nahe 24 Stunden betrage. Das Resultat von Schiaparelli entspricht auch den Beobachtungen, welche Perrotin in Nizza an dem dortigen großen Refraktor angestellt hat, aber andere Beobachter wollten Flecke auf der Venusscheibe gesehen haben, deren Bewegung auf 24stündige Rotation deutete. Belopolsky hat vor einigen Jahren versucht, die Frage spektroskopisch durch Feststellung der Linienverschiebung im Spektrum der Venus zu beantworten, und kam zu dem Ergebnis, daß eine 24stündige Rotation am wahrscheinlichsten sei. Denselben Weg hat im Jahre 1902 A. Lowell auf seinem Observatorium in Flagstaff beschritten. Er bediente sich dabei eines neuen Spektrographen, der mit dem 24-zolligen Refraktor verbunden wurde, und dessen Dispersion sogar die des Millsspektrographen der Licksternwarte übertrifft. Nach einer Anzahl von Vorversuchen an Fixsternen, um deren Eigenbewegung in der Gesichtslinie und damit auch die Leistungen des Spektographen zu ermitteln, begannen die Aufnahmen der Venus im November 1902. Von da bis Ende März 1903 wurden 65 Spektrogramme des Planeten erhalten. Die Vermessung der darin sichtbaren Linien ergab keine Andeutung zugunsten einer 24stündigen Rotationsdauer der Venus, wohl aber für die Annahme der Übereinstimmung von Rotation und Umlaufsdauer dieses Planeten. Im Mittel fand sich, wenn der Spalt des Spektroskops parallel der Lichtlinie auf der Venus stand, als Rotationsgeschwindigkeit + 0.015 *km* pro Sekunde. Würde die Rotationsdauer 24 Stunden betragen, so würde die Geschwindigkeit 0.45 *km* in der Sekunde sein, bei einer Umdrehungsdauer von 225 Tagen dagegen 0.02 *km*.

Die Beobachtungen des Mars in den Jahren 1896 und 1897 auf der Lowellsternwarte zu Flagstaff und zu Tacubaya. Im Winter 1893 faßte Percival Lowell den Entschluß, während der nächsten Oppositionen des Mars diesen Planeten an einem sehr mächtigen Fernrohre unter möglichst günstigen atmosphärischen Verhältnissen ausdauernd zu beobachten. In Ausführung

des Planes wurde bei Flagstaff in Arizona (35° 11′ nördl. Br., 111° 40′ westl. L. v. Gr.) 2200 *m* über dem Meeresspiegel ein provisorisches Observatorium errichtet und mit einem Refraktor von 18 Zoll Objektivdurchmesser ausgestattet. Diese Beobachtungen über den Mars während der Opposition 1894 bis 1895, an welchen sich Prof. W. H. Pickering und A. E. Douglass beteiligten, lieferten eine große Menge wichtiger und interessanter Tatsachen, welche P. Lowell im 1. Bande der Annalen des Lowellobservatory mitteilte, und über die früher an dieser Stelle näheres berichtet ist. Die Opposition des Mars 1896 bis 1897 bot Gelegenheit die Beobachtungen der vorhergehenden zn vertiefen und in manchem Punkte zu erweitern; auch hatte Lowell mittlerweile ein noch größeres Fernrohr beschafft, das mit einem Objektiv von 24 Zoll Durchmesser und 32 Fuß Brennweite zu den mächtigsten und gleichzeitig zu den vorzüglichsten Refraktoren der Gegenwart zählt. Dazu kommt, daß in Tacubaya (19° 24′ nördl. Br., 99° 12′ westl. L. v. Gr.), 4 Meilen westlich von der Stadt Mexiko in einer Höhe von 2500 *m* über dem Meere eine Lokalität aufgefunden und vom Januar bis Ende März 1897 benutzt wurde, die in mancher Beziehung für die Beobachtungen größere Vorteile gewährte als die Station Flagstaff. Die Beobachtungen wurden hauptsächlich ausgeführt von Percival Lowell und A. E. Douglass, einige Zeichnungen auch von Dr. J. J. See und W. A. Cogshall sowie von gelegentlichen Beobachtern. Sämtliche Beobachtungen und Zeichnungen sind im 2. Bande der Annalen des Lowellobservatory veröffentlicht, und aus diesem sollen die wichtigen Ergebnisse derselben hier vorgeführt und besprochen werden,

Der scheinbare Durchmesser des Mars betrug 1896 Anfang August 8″, er nahm im Dezember bis 17″ zu und ging bis März 1897 wieder auf 8″ zurück. Im August 1896 war der Südpol des Mars der Erde zugekehrt, doch wandte sich dieser mehr und mehr ab, und beide Pole lagen vom September bis zum ersten Drittel des Dezember 1896 ziemlich genau im Rande der Marsscheibe. Dann neigte sich der Südpol des Planeten bis Ende Februar wieder gegen die Erde, rückte also etwas in die Scheibe hinein, aber im März lag er wieder im Rande derselben und wandte sich dann bis zum Schlusse der Beobachtungen mehr und mehr auf die abgewandte Seite, so daß also nun der Nordpol des Mars zunehmend gegen die Erde geneigt wurde und mehr und mehr in die Scheibe trat. Zu Anfang der Beobachtungen zeigte Mars noch eine sehr merkliche Phase, und der dunkle Teil, welcher im Fernrohre an der linken (voraufgehenden) Seite lag, markierte eine starke Abweichung des Planeten von der genauen Kreisform. Diese Abweichung wurde natürlich immer kleiner, bis der Planet in der Opposition völlig rund erschien, und später die Phase an der südlichen voraufgehenden Seite allmählich sichtbar ward. Das Wintersolstitium der nördlichen Hemisphäre des Mars trat ein am 17. Juli 1896, das Frühlingsäquinok-

tium am 24. Dezember und das Sommersolstitium am 12. Juli 1897. Die nördliche Hemisphäre des Mars hatte also an diesen 3 Tagen astronomische Jahreszeiten, welche dem 20. Dezember, 20. März und 19. Juni der nördlichen Erdhälfte entsprechen.

Was die dunklen Flecke anbelangt, so wurden die hervortretenderen durch Mikrometermessungen festgelegt und dazwischen das Detail nach dem Augenmaße eingetragen. Zu diesem Ende ist die sorgfältigste Prüfung und Vergleichung der Zeichnungen untereinander und mit der Skelettkarte, welche die festgelegten Positionen enthält, nötig. Prüfungen ergaben, daß Personen, welche mit Marsbeobachtungen nicht durchaus vertraut sind, die größten Irrtümer in bezug auf Identifizierung der Details begehen. Betrachtet man überhaupt die getreue Wiedergabe der unmittelbar am Fernrohre gezeichneten Skizzen der Marsdetails, welche Lowell mitteilt, so begreift man gegenüber der Feinheit und dem schattenhaften Charakter der meisten davon, weshalb Fernrohre wie der große Refraktor zu Washington oder der 18-Zoller zu Straßburg, die unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen benutzt wurden, nichts von dem feinen Kanalnetze des Mars gezeigt haben.

Man kann hiernach aber auch beurteilen, was es mit manchen Beobachtungen über den Mars auf sich hat, die von gelegentlichen Beobachtern an kleinen Fernrohren beiläufig angestellt werden, und woraus diese flugs auf neue Formationen oder auf Änderungen der Marsoberfläche mit jener Sicherheit schließen, welche lediglich in der Unkenntnis und Unverantwortlichkeit solcher Beobachter ihren Grund hat.

Andernteils ist aber auch augenscheinlich, daß die Deutung der wahrgenommenen Flecke und Striche und die Zusammenfassung des einzelnen unter generelle Gesichtspunkte, wie sie Lowell unternommen, ein höchst schwieriges Beginnen ist, bei dem Irrtümer unvermeidlich sind. Wenn der Laie glaubt, daß der Anblick des Mars an einem großen Fernrohre unmittelbar über die Beschaffenheit oder Organisation der Oberfläche dieses Planeten etwas Wesentliches lehren könne, so dürfte ihn die Betrachtung der Lowellschen Zeichnungen sehr bald von seinem Irrtume heilen. Es ist nicht möglich, anders in dieser Beziehung weiter zu kommen, als durch vergleichendes, systematisches Studium einer sehr großen Anzahl solcher Zeichnungen, wobei eine provisorische Hypothese zum Ausgangspunkte gewählt werden muß. Im vorliegenden Falle wird die Hypothese durch die Annahme gebildet, daß das Aussehen der Marsflecke und die Veränderungen derselben in einer engen Beziehung zur Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, genauer: zu den Wärmeverhältnissen der beiden Hemisphären im Verlaufe ihres Jahres, stehen. Diese Hypothese findet kräftige Stütze für ihre Berechtigung im Verhalten der beiden weißen Flecke in der Nähe der Rotationspole des Mars. Von diesem ausgehend, hat schon Mädler auf den Gang der

klimatischen Verhältnisse in den beiden Marshälften geschlossen, Schiaparelli ist ihm gefolgt, und jetzt gibt Lowell einen systematischen Ausbau derselben, der sich auf die von Schiaparelli betonte Ungleichheit der Verteilung des flüssigen Elementes auf der nördlichen und südlichen Marshemisphäre und auf die relativ geringe Menge desselben auf diesem Planeten überhaupt stützt. Die speziellen Ausführungen Lowells nach dieser Richtung hin sind im höchsten Grade interessant und anregend, aber freilich auch am meisten hypothetisch. Mancher wird diese letztere Tatsache vor allem betonen, und sicherlich gibt es Astronomen, die diesen Ausführungen nicht gerade sympathisch gegenüber stehen, weil sie eben ein Novum auf dem Gebiete der Himmelskunde darstellen. Wir stehen auf diesem letztern Standpunkte nicht, sondern sehen in den spekulativen Forschungen, welche Lowell an seine unmittelbaren Wahrnehmungen, Messungen und Zeichnungen knüpft, eine wichtige Ergänzung, ja die eigentliche Fruktifizierung derselben, gleichgültig ob er im einzelnen überall das Richtige getroffen hat oder nicht.

Die beiden weißen Flecke, welche zur Winterzeit jeder Marshemisphäre um deren Pol seit 200 Jahren beobachtet worden sind, und die schon W. Herschel für Schneezonen erklärte, hält auch Lowell für Gefrierungsprodukte des Wassers und andere, schneller veränderliche helle Flecke für Wolken, die aus Wasserdampf bestehen.

Die südliche Eiskappe fand Lowell bei dieser Opposition, als sie in der Mitte ihres Sommers stand, klein und unveränderlich in ihrer Größe, besonders in den Meridianen von 0° bis 60° und 270° zwischen 70° und 90° südl. Br., in Gegenden, wo von ihm 1894 große Polarbuchten konstatiert worden waren. Mit dem Überschreiten des Frühlingsäquinoktiums der nördlichen Hemisphäre beginnt für den Südpol die lange Nacht. Der südlichste Punkt an der Lichtgrenze zeigte sich gelegentlich weißlich, wie schneebedekt oder wolkenbeladen, und in Mitte des Winters ist die Oberfläche bis 25° vom Südpol begraben in Schnee oder Gewölk. Die nördliche Schneekappe wurde als kleines, glänzendes Fleckchen zuerst am 21. August von Lowell bemerkt, und die Beobachtungen der nächsten Tage zeigten, daß sie nicht überall gleichweit ab vom Pole reichte. Was die wahrgenommenen Veränderungen an der nördlichen Polarkalotte anbelangt, so gibt Lowell davon eine übersichtliche Zusammenstellung. Im Januar (hier wie im folgenden ist immer der dem unserigen entsprechende Monat auf dem Mars gemeint), als der Nordpol 24° bis 16° jenseits der Lichtgrenze lag, erschien der nördlichste Teil der letztern weiß, bläulichweiß oder grünlichweiß in den Regionen Acidalius Lacus, Sirenius und Äthiops, und die Polarkappe war bisweilen breit und weiß mit dunkelgrünem Rande unter den Meridianen durch Syrtis major, Aurorae Sinus und Titan. Dieses Aussehen schreibt Lowell Wolken und vielleicht einer Vegetation zu. Im Februar

dehnte sich die weiße Kalotte bis 50° oder 60° nördl. Br. aus mit verschwommenen Grenzen, die als Bewölkung gedeutet werden, doch auch mit hellen Stellen in 70° nördl. Br., die Lowell für wirklichen Schnee hält. Von blauer oder grüner Färbung war nichts zu sehen, wohl aber zwischen den Meridianen von Trivium Charontis bis Margaritifer Sinus zeigte sich ein grauer oder dunkler Rand. Im März, nachdem das Frühlingsäquinoktium vorüber, und der Nordpol in das Sonnenlicht getreten war, zeigte sich die Eiskappe breit und unveränderlich, umgeben von einem farbigen Saume und eingeschnitten von dunklen Spalten. »Unzweifelhaft begann sich unter dem Einfluß der vom Schmelzen des Schnees herrührenden Feuchtigkeit eine dichte Vegetation längs der Ränder der Schneezone und in den tiefen Flächen zu entwickeln.« Während des April verhielt sich die Polarkappe weiterhin wie schmelzender Schnee, sie wurde von permanenten Spalten durchsetzt, langsam zog sie sich zusammen, und ihr Rand lag etwa in 60° nördl. Br. Ihr breitester Teil war in der Richtung der Syrtis Major, einem Reservoir der Feuchtigkeit, und am schmalsten war sie bei Issedon und Amystis. Eine merkwürdige Tatsache ist, daß die großen dunklen Flecke unter dem Meridian dieses schmalsten Teiles, namentlich Aurorae Sinus, um diese Zeit fast völlig verschwanden und sich verhielten wie ein Vegetationsgebiet, das aller Feuchtigkeit beraubt wird. Die Verminderung der Ausdehnung der Polarkappe zu dieser Zeit und unter diesem Meridian scheint in Beziehung zu diesem merkwürdigen Phänomen zu stehen. Anfangs Juni war die Polarkappe auf einen sehr kleinen Fleck in der Nähe des Nordpols reduziert, der umgeben wurde von einer beträchtlichen Wolkenzone, die vermutlich dem raschen Schmelzen des Eises entsprang. Einige der nördlichsten Kanäle, welche im frühern Stadium als Spalten in der Eiskalotte sich dargestellt hatten, erschienen jetzt gut entwickelt.

Ein Vergleich des Verhaltens der beiden Polarregionen des Mars während des Jahreslaufes ist für das Verständnis seiner Klimatologie von besonderem Interesse. Die südliche Schneezone schmilzt in der 2. Hälfte ihres Sommers fast ganz zusammen und wird erst mit dem Marsmonate April, wenn sie in ihren Winter rückt, beträchtlich größer; die nördliche dagegen zeigt sich erst um die Mitte des Winters und bleibt dann ziemlich permanent. Dies deutet darauf, daß im Herbste des Mars an seinem Nordpole die Wassermenge erheblich geringer ist, als in den südlichen Polargegenden, was in dem Vorhandensein ausgedehnter, heller, kontinentaler Regionen auf der nördlichen Marshemisphäre volle Bestätigung findet. Wenn aber der Nordpol des Mars mit den kontinentalen Flächen in seiner Umgebung für uns sichtbar wird, liegt der Wärmeäquator tief auf der südlichen Hemisphäre, und infolgedessen muß ein mächtiger Strom feuchter Luft nordwärts gerichtet sein. Zunächst wird sich deren Feuchtigkeit auf den höher gelegenen Flächen verdichten und erst

nach und nach in die tiefern Gegenden gelangen, die als Reservoir dienen. Dies wird durch die Beobachtungen tatsächlich durchaus bestätigt. Die Tatsache, daß im Januar grüne oder blaue Flächen nahe der Polarkalotte der nördlichen Marshemisphäre gesehen werden, zeigt nach Lowell an, daß die Temperatur dort in 40 bis 70° nördl. Br. um diese Zeit nicht zu niedrig ist, um die Existenz von flüssigem Wasser und von Vegetation zu hindern; im Februar dagegen zeigte sich nur einmal ein dunkler Fleck am südlichen Rande der Kalotte in etwa 40° nördl. Br. Hieraus schließt der Beobachter, daß der Monat Februar der kälteste war. In diesen beiden Monaten erschien die Eiskappe häufig besonders breit zwischen Trivium Charontis und Aurorae Sinus und behielt diese größere Ausdehnung bis zum April.

Eine große Rolle unter den Eigentümlichkeiten der Marsoberfläche, welche seit Schiaparellis Untersuchungen bekannt wurden, spielen die sogenannten Kanäle. Mit ihnen beschäftigt sich Lowell eingehend, und zwar vom Standpunkte seiner meteorologischen Grundhypothese aus. Die Kanäle zeigten sich am deutlichsten in den hellen (kontinentalen) Regionen der nördlichen Marshälfte. Auf der südlichen Hemisphäre sind sie etwa um die Hälfte weniger zahlreich und dort in abgedunkelten Regionen am besten erkennbar. Die Sichtbarkeit der Kanäle auf der südlichen Marshälfte, etwa von 40° südl. Br. an, nimmt von Januar bis April des Marsjahres, also während der 2. Hälfte ihres Sommers, ab. In den äquatorialen Gegenden zwischen 30° südl. und 10° nördl. Br. ist dagegen keine auffallende Verschiedenheit in dieser Hinsicht wahrzunehmen. In den Gegenden der nördlichen Marshemisphäre von 10 bis 40° nördl. Br. nimmt die Sichtbarkeit der Kanäle in den dunklen Regionen etwas, dagegen in den hellen Flächen stark zu, und zwischen 40 und 60° nördl. Br. ist diese Zunahme der Deutlichkeit und Dunkelheit der Kanäle über der ganzen Breitenzone des Planeten zu erkennen. Alles dieses bestätigt die frühern Schlußfolgerungen, daß diese Kanäle ihre Sichtbarkeit für uns durch Feuchtigkeit und Vegetation erlangen. In dem Maße als für die dunklen Flecken der südlichen Marshemisphäre die Mitte des Sommers naht (vom Oktober bis zum Januar), verändert sich ihre Farbe aus Grün in Bräunlich und zuletzt in Gelb. Die hellen Regionen dieser Hemisphäre sind dunkelorange oder gelblich, wozu sich im November, zur Zeit der Eisschmelze, oft etwas Grün gesellt, im Dezember etwas Braun, im Februar Rötlich und im März weiß. Dieser Übergang von Grün zu Braun und Gelb ähnelt demjenigen unserer Vegetation während trockener Sommer und im Herbste. Die großen dunklen Flächen der heißen südlichen Zone sind während des ganzen Sommers bläulichgrün und werden im April gelblich, die nördlichen dunklen Flecke sind grün oder bläulichgrün im Dezember und Januar.

Eine große Rolle spielt die Verdoppelung der Kanäle in allen Fragen über die wahrscheinliche Beschaffenheit der Marsoberfläche.

Prof. W. H. Pickering hat wichtige Gründe angegeben, wonach diese Duplizität eine optische Täuschung ist, und Lowell ist geneigt, diesem Schlusse beizustimmen. Jedesmal, wenn er einen Doppelkanal wahrzunehmen glaubte, hat er sich genötigt, gesehen im Beobachtungsbuche beizufügen, daß ihm die Wahrnehmung nicht ganz sicher scheine. nur ein einziges Mal schien ihm die Duplizität positiv sicher, aber auch nicht während der ganzen Beobachtungsdauer. Auf eine unscharfe Einstellung des Fernrohres möchte Lowell die vorgetäuschte Duplizität der feinen Marskanäle indessen nicht zurückführen, sondern auf die falsche Auffassung des Beobachters, daß zwei sehr nahe beieinander befindliche, aber in ihrem Verlaufe etwas divergierende Kanäle für einen Doppelkanal gehalten werden. Erwägt man, um welche überaus feine Wahrnehmungen auf einem kleinen Flächenraume es sich handelt, so wird man diese Erklärung sehr annehmbar finden und auch begreifen, weshalb die Doppelkanäle immer an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehen, mag nun das Fernrohr oder die Marsscheibe größer oder kleiner sein. Diese letztere Tatsache wird durch eine Zusammenstellung der mittlern Entfernung für beide Komponenten der Marskanäle bei verschiedenen Durchmessern der Marsscheibe gut illustriert. Douglass gibt nämlich an, daß nach den Beobachtungen im August 1896, als die Marsscheibe 8.9″ im Durchmesser erschien, der Abstand der Komponenten der Doppelkanäle durchschnittlich auf 0.304″ oder in Graden der Marskugel auf 4.11° geschätzt wurde, im Oktober und Januar 1897, als der Marsdurchmesser auf 13.5″ gestiegen war, zu 0.35″ entsprechend einem Bogen von 2.9°. Mit dem Nachweise, daß die Verdoppelung der Marskanäle lediglich optische Täuschung ist, verschwindet die größte Schwierigkeit für die Deutung dieser Gebilde. Ein weiterer und wichtiger Schritt in bezug auf letztere ist die Wahrnehmung, daß die Kanäle sich auch in die dunklen Regionen hinein fortsetzen und dort über lange Strecken hin verfolgt werden können. Dies war zu Flagstaff in der Opposition des Mars 1894—1895 gelungen, und die Beobachtungen 1896—1897 haben weitere Bestätigungen dieser wichtigen Tatsache geliefert. Im Margaritifer und Aurorae Sinus und im Sirenum Mare waren die Fortsetzungen der Kanäle in den dunklen Regionen während der beiden Oppositionen im ganzen unverändert die nämlichen. Doch wurden im Sirenum Mare sowie in Atlantis und Cimmerium Mare noch einige bis dahin unbekannte Kanäle wahrgenommen. Von besonderem Interesse sind die Beobachtungen über Syrtis Major, welche Lowell mitteilt und diskutiert. Diese dunkle Fläche ist eine der größten und deutlichsten auf dem Mars, und sie hat schon 1659 Huyghens dazu gedient, die Rotation dieses Planeten zu erkennen. Man hat sie als wirkliche See betrachtet, und in der Tat zeigt sie sich in großen Ferngläsern unter sonst günstigen Bedingungen von dunkel blaugrünlicher Farbe. Der wahre Charakter dieser Fläche zeigte sich in den Beobachtungen zu Flagstaff während der Opposi-

tion von 1894. Zunächst ergaben die Untersuchungen von Prof. W. H. Pickering keine Polarisation des Lichtes ihrer Oberfläche, während die südliche Polarsee des Mars solche zeigte, also hier das Vorhandensein von Wasser erkennen ließ, das man auch aus andern Gründen annehmen möchte. Dann erschienen, als die Jahreszeit auf dem Mars fortschritt, in der Fläche der Syrtis hellere und dunklere Flecke ohne Veränderung der Position, und schließlich begann das ganze blaugrünliche Areal zusammenzuschwinden, ohne daß dafür in der Nähe oder anderwärts entsprechende dunkle Flächen sichtbar wurden. Diese Umstände beweisen in ihrer Gesamtheit, daß die Syrte kein Wasserozean sein kann, sondern wahrscheinlich eine mit Vegetation bedeckte Fläche ist, deren Aussehen sich der Jahreszeit entsprechend ändert. Lowell zeigt dies im einzelnen und behandelt dabei auch die Wahrnehmungen von rhomboidalen, hellern Flächen und langen, dammähnlichen Verbindungen, von denen er vier besonders benennt: Solis Pons, Lunae Pons, Pons Cometarum und Pons Stellarum. Die Aufhellungen dieser Flächen schreibt Lowell der Auftrocknung derselben zu und die reguläre Form der Umfassung durch Kanäle. In den dunklen Regionen wurden letztere 1894 zuerst von Douglass gesehen, und der deutlichste derselben ist der Dosaron, welcher die große Syrte in gerader Linie durchschneidet und sich weithin zwischen Hellas und Noachis fortsetzt. Er ist absolut geradlinig und überall gleichförmig breit, mit andern Worten: sein Aussehen spricht durchaus für künstlichen Ursprung. In einer frühern Saison des Marsjahres sah man an dieser Stelle eine Art Band von dunklerer Farbe als seine Umgebung, welches die Syrte mit der südlichen Polarsee verband. Es war nicht gerade, noch gleichförmig breit, zeigte vielmehr zufällige Krümmungen, kurz es bot keinerlei Ähnlichkeit mit einer künstlichen Anlage. Später verblich es mehr und mehr, und nachdem die Polarsee verschwunden war, wurde es in seinem südlichen Teile unsichtbar. Als es ziemlich abgebleicht war, zeigte sich in seiner Mitte, dieser folgend, der Strich des Dosaron, vom untersten Ende der Syrte beginnend und sich über das ganze Band als schnurgerade Linie forterstreckend und so seinen künstlichen Ursprung deutlich zur Schau tragend (?). Wenn man sich vorstellt, daß zur Zeit der Überschwemmung Wasser von der Polarsee durch die mittlern und daher wohl tiefern Teile der Syrte strömt und hier Vegetationen hervorruft, so läßt sich nach Lowell der feine Strich des Dosaron erklären als künstlich angelegter Kanal, der diesem Gebiete noch Wasser aus den Polgegenden zuführt, wenn die natürliche Bewässerung versagt. Eine zweite Linie, welche von dem nämlichen Punkte wie Dosaron ausgeht, aber sich südwärts nach dem mittlern Hellas hin wendet, ist der Orosines. Wie jener ist er vollkommen gerade, genau ebenso breit (etwa 34 englische Meilen), und gleichmäßig und ebenfalls offenbar künstlichen Ursprungs (?). Lowell bemerkt übrigens, daß die ganze scheinbare Breite nicht die wahre der Kanäle zu sein braucht,

diese letztern sind weit schmaler, was wir sehen, ist eine breite von Vegetation bedeckte Fläche rechts und links von dem eigentlichen Kanal. In seiner Verlängerung nach Süden trifft der Orosines übrigens auf den großen breiten Kanal Alpheus, der Hellas in südlicher Richtung ganz durchquert und direkt mit der südlichen Polarregion in Verbindung tritt. Noch andere Kanäle zeigen sich im Gebiete der Syrte, so der Hippus, Erymanthus, in der Syrtis minor der Galaesus, ferner Hylias und Aeolus. Wo solche Kanäle zusammentreffen, zeigen sich, wie Douglass gefunden, rundliche dunkle Flecke, ähnlich den von Lowell als Oasen bezeichneten in den hellen Regionen des Planeten. Es ist nach dem Beobachter sehr wahrscheinlich, daß es in der Tat Regionen sind, wo Vegetation vorzugsweise gedeiht, weil sich Wasser genug findet. Überhaupt spielt das Vorhandensein oder Fehlen des Wassers auf dem Mars eine augenfälligere Rolle in bezug auf Vegetation als bei uns, einerseits weil es dort in geringerer Menge vorhanden ist als auf der Erde, dann auch weil wahrscheinlich die mittlere Lufttemperatur nahe der Marsoberfläche höher ist als bei uns. Der äquatoriale Teil des Mars ist eine Wüste, der aber, wie Lowell betont, zur Fruchtbarkeit nichts fehlt als Wasser.

Sehr zahlreich sind auch die Beobachtungen über das Aussehen der Lichtgrenze in den Randgegenden des Mars. Es wurden freischwebende Wolken wiederholt wahrgenommen.

Im Monat Februar des Mars wurden in 20 bis 30° südl. Br. auf diesem Planeten ungeheure Wolkenzüge beobachtet, die sich von S nach N bewegten, in einer Höhe von 13 bis 24 *km* über der Oberfläche und mit einer Geschwindigkeit von 30 *km* in der Stunde. Was man auf der Erde die Kalmenregion nennt, die Region der stärksten Auflockerung der Luft infolge der Erwärmung, lag also damals auf dem Mars in 20 bis 30° südl. Br. Freie Wasseroberflächen sind auf diesem Planeten nur vereinzelt vorhanden; bildeten sie einen größern, zusammenhängenden Ozean, so müßte sich die Sonne darin abspiegeln, und deren Spiegelbild würde im Fernrohre sehr deutlich sichtbar sein. Solches ist jedoch niemals beobachtet worden. Die größte Menge von Feuchtigkeit findet sich in den Polarregionen, vor allem der südlichen; auch über der wärmsten Zone des Mars muß, wie die Wolken ausweisen, die Luft sehr feucht sein; die geringste Menge derselben enthalten die gemäßigten Zonen. Der Kreislauf des flüssigen Elementes auf dem Mars wird durch die Luftströme in der Atmosphäre und die Kanäle an die Oberfläche unterhalten, die treibende Kraft ist natürlich wie bei uns die Sonnenwärme. Was die vertikale Oberflächengestaltung des Mars anbelangt, so ist dieser Planet weit weniger bergreich als die Erde; es finden sich auf ihm sehr ausgedehnte Ebenen, ohne welche das dortige weit verzweigte Kanalnetz gar nicht möglich wäre; auch umfangreiche Hochflächen kommen vor, besonders in den Polarregionen, daneben

aber nicht minder Einsenkungen von beträchtlicher Ausdehnung. Lowell hat auf Grund seiner Beobachtungen eine große Karte des Mars in Merkatorprojektion entworfen, welche die sämtlichen wahrgenommenen Oberflächenteile des Planeten und die ihnen beigelegten (335) Namen enthält.

Die südliche Polarkalotte des Mars. Prof. Barnard machte[1]) einige Mitteilungen über seine Beobachtungen der südlichen Eiszone des Mars während der Erdnähe dieses Planeten in den Jahren 1892 und 1894. Neben den gewöhnlichen Zeichnungen des Aussehens des Planeten hat Prof. Barnard sorgfältige Mikrometermessungen des Durchmessers der Eiszone während beider Oppositionen ausgeführt. Die Berechnung dieser Messungen ergab, daß während beider Oppositionen die Ausdehnung der Eiszone sich in überraschend gleicher Weise verminderte, und zwar bis etwas über einen Monat nach Beginn des Sommers auf der südlichen Marshemisphäre. Daraus folgt, daß die Zeit der höchsten Temperatur auf dem Mars, ähnlich wie auf der Erde, einen oder mehrere Monate nach dem höchsten Sonnenstande eintritt. Prof. Barnard ist ferner der Meinung, daß die weiße Farbe der Polarzone tatsächlich von Schneemassen herrührt.

Eine Wolke auf dem Mars. Auf dem Lowellobservatorium zu Flagstaff in Arizona hat Slipher am 26. Mai $8^h\ 35^m$ (Mountainzeit) eine große Projektion auf dem Mars gesehen im Positionswinkel von 200°, sie war 35 Minuten lang sichtbar, ihre Position auf der Marskugel war in 22° nördl. Br. und 37° westl. L. P. Lowell erklärte die Erscheinung für eine ungeheure Wolke, die sich nordwärts bewegte und dabei auflöste. Höchst wahrscheinlich damit in einem gewissen Zusammenhange steht eine von W. F. Denning zu Bristol gemachte Wahrnehmung.[2]) Derselbe fand am 19. und 21. Mai die Syrtis major auf dem Mars abnorm dunkel, fast schwarz. In der letztern Nacht erschien die Region unmittelbar südlich davon überaus hell und wie bedeckt mit kleinen lichten Wölkchen. Am 23. und 24. Mai schien Syrtis major eine merkliche Veränderung erlitten zu haben, sie war ungewöhnlich schwach sichtbar, anscheinend überzogen mit einem stark reflektierenden Material. Ihre Umrisse waren nicht leicht zu erkennen, obgleich andere Details wie Nilosyrtis, Euphrates usw. leicht sichtbar waren.

Die Marskanäle als optische Täuschungen. J. E. Evans und E. W. Maunder haben Versuche angestellt, aus denen sie schließen, daß die als Kanäle bezeichneten feinen Linien der Marsscheibe in Wirklichkeit gar nicht vorhanden, sondern nur Augentäuschungen sind.[3])

---

[1]) Astrophys. Journal 17. Nr. 4.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 3874.

[3]) Monthly Notices 1903. 63. Nr. 8. p. 488. Sirius 1903 p. 200.

Die von den beiden genannten Astronomen veranstalteten Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt: Eine kreisrunde Scheibe, die je nach den Umständen zwischen 3.1 bis 6.3 Zoll Durchmesser hatte, wurde vor einer Klasse von Schulknaben zum Abzeichnen aufgestellt. Die Knaben waren in verschieden abgemessenen Entfernungen von der Scheibe postiert. Jeder erhielt ein Stück Zeichenpapier, auf welchem ein Kreis gezeichnet war, und sie wurden dahin unterrichtet, in diesen Kreis alle Einzelheiten einzuzeichnen, die sie auf der Scheibe wahrnehmen könnten. Keinerlei Andeutung war ihnen gegeben, ob auf dieser Scheibe Punkte, Flecke oder Streifen zu sehen seien, auch wurden sie beim Zeichnen sorgfältig überwacht, so daß niemand von seinen Nachbarn beeinflußt werden konnte. Alle waren völlig unbekannt mit den Abbildungen des Mars, wie solche an den großen Fernrohren erhalten worden sind, und wußten überhaupt nicht, um was es sich eigentlich handelte; sie sollten lediglich nur das zeichnen, was sie auf der entfernten Scheibe sahen. Auf dieser Scheibe war vorzugsweise derjenige Teil der Marsoberfläche gezeichnet, den Green auf seine Karte als Beer-Kontinent eingetragen, und welcher die sehr charakteristischen dunklen Flecken enthält, welche als Syrtis Major und Dawes Forked Bay bekannt sind. Letztere entspricht dem in 2 Spitzen auslaufenden südlichen Ende des von Schiaparelli als Sinus Sabaeus bezeichneten dunklen Fleckes. Die Zeichnung dieser Flecken war dunkel auf hellem Grunde mit matten, unregelmäßig zerstreuten Punkten, aber alles bestimmt und hart gezeichnet, ohne die leiseste Spur von dem, was man als Kanal zu bezeichnen pflegt. Es wurden übrigens zu den verschiedenen Versuchen auch verschiedene Zeichnungen auf der Scheibe benutzt, nach Originalen von Schiaparelli und Lowell aber mit Fortlassung der Kanallinien. Die Knaben zeichneten in fast allen Fällen feine, geradlinige Kanäle, die durchaus mit denjenigen in den Zeichnungen der Marskarte übereinstimmen. So zeichneten 20 Knaben in dem 1. Versuche folgende Kanäle: Argaeus, Arnon, Deuteronilus, Kison, Pierius, Protonilus, Pyramus.

Die sämtlichen Knaben, mit Ausnahme eines einzigen, zeichneten Dawes Forked Bay als zweispitzig, während die Zeichnung der beiden Zweige ihnen unter Sehwinkel von 230" bis 140" erschien. Von kleinen runden Flecken wurde keiner unter 34" isoliert erkannt, obgleich sie dunkelschwarz auf hellem Grunde standen. In einem andern Versuche wurden die Knaben in 8 Reihen geordnet, die in verschiedenen Distanzen von der Scheibe sich befanden.

Die nachstehende kleine Tabelle enthält unter I die Bezeichnungen der 8 Reihen, unter II die Zahl der Knaben in jeder derselben, unter III den Abstand der Reihen von der Scheibe in englischen Fuß und unter IV den Winkel, unter welchem die Scheibe in jeder Reihe erschien.

I	II	III	IV
a	2	17	105'
b	3	19	94
c	4	$22^1/_2$	80
d	3	24	75
e	8	$28^1/_2$	63
f	4	$32^1/_2$	55
g	4	$34^1/_2$	52
h	11	$37^1/_2$	48

Die Ergebnisse aus diesen Versuchen sind höchst instruktiv. Die Knaben in der Reihe a waren gerade in derjenigen Entfernung, in welcher das feine Detail der Scheibe begann, das Aussehen von Linien (resp. Kanälen) anzunehmen. In der Reihe b sah ein Schüler das Detail in seiner wahren Gestalt, einem andern erschien es kanalförmig, dem dritten unvollkommen als Kanallinien. In den Reihen c und d sahen alle einige Kanäle, mehrere Knaben aber nur teilweise. In Reihe e waren die Kanäle nicht völlig so

gut sichtbar, obgleich jeder Schüler etwas davon sah. Die Reihe f sah sehr wenige Kanäle, Reihe g eine ziemliche Anzahl derselben, die meisten in der Reihe h sahen dagegen nichts von Kanälen oder diesen ähnlichen Figuren. Die Zeichnungen der Knaben in den Reihen a und b waren besonders instruktiv, denn sie zeigten, daß die wirklichen Details, nämlich gewundene, flußähnliche Streifen und die zerstreuten Punkte als solche eben in die Grenze der Wahrnehmbarkeit traten oder sich in kanalähnliche Linien zu verschmelzen begannen. Im ganzen wurden auf der vorgezeichneten Scheibe 12 Kanäle von den Schülern vermeintlich gesehen nnd nachgezeichnet, und der Vergleich mit den Karten von Schiaparelli usw. ergab hinterher, daß diese imaginären Kanäle sich tatsächlich auch meist auf diesen Karten fanden.

Eine charakteristische Tatsache ist, daß 11 Schüler die abgetönte Landschaft Meroe durch eine Linie abschlossen, welche genau dem Laufe des Kanals Astusapes entspricht. Die ganze Landschaft trat nicht klar genug hervor, um in den entferntern Reihen deutlich erkannt zu werden, nur ein Knabe in g, einer in h (aber keiner in f) erkannten den Kanal Astusapes d. h. zeichneten einen solchen, erkannten aber nicht, daß Meroe eine abgeschattete Landschaft ist. Von den näher sitzenden Knaben zeichneten im ganzen 50% den Astusapes und nur 15% die abgeschattete Fläche als solche. Eine Anzahl Knaben, die aus der Reihe b in die Reihe h versetzt wurden, waren in dieser, sei es nach der Erinnerung oder durch die gewonnene Praxis, besser imstande, Kanäle zu sehen, als die Knaben, die von Anfang an in Reihe h gesessen hatten. Von einer Verdopplung der Kanäle war im allgemeinen auf den Zeichnungen der Knaben nichts zu finden, nur in 2 Fällen hatte ein Knabe aus 37½ und ein andrer aus 25½ Fuß Entfernung einen Kanal doppelt gezeichnet, und zwar merkwürdigerweise in beiden Fällen den Hiddekel. In einem Versuche, bei welchem eine Lowellsche Marszeichnung mit den Oasen aber ohne Kanäle vorgehalten wurde, sahen und zeichneten die Knaben statt der Oasenfleckchen Kanäle, und zwar sehr deutlich und scharf ausgesprochen. Nur ausnahmsweise, aus Entfernungen von 28⅓ und 37½ Fuß, wurden auch Oasen gezeichnet. Auf die Einzelheiten von vielen andern Versuchen, welche Evans und Maunder mitteilen, braucht hier nicht weiter eingegangen zu werden. Diese Astronomen sagen, daß, indem sie die sämtlichen von ihnen veranlaßten Reihen von Experimenten nochmals überschauen, es unmöglich sei, der Schlußfolgerung zu entgehen, daß Linien, welche alle charakteristischen Merkmale der Marskanäle besitzen, von vollständig unbefangenen, scharfsichtigen Beobachtern auf Objekten gesehen werden können, die tatsächlich durchaus keine solchen Linien aufweisen. Es sind diese Wahrnehmungen dann keineswegs Einbildungen, sondern durch das Auge veranlaßte Verbindungen von Formen, die tatsächlich einen ganz andern Charakter besitzen. Die Vermutung von Green, daß die Kanäle durch die Aneinandergrenzung verschiedener abgeschatteter Flächen vorgetäuscht würden, gewinnt durch die Versuche von Evans und Maunder eine Stütze. Die ergiebigste Quelle, aus der die kanalähnlichen Eindrücke hervorgehen, ist aber die Tendenz der Wahrnehmung, sehr kleine Punkte miteinander zu verbinden. Noch ist hervorzuheben, daß bei Wiederholung der Versuche mit den nämlichen Knaben sich eine Tendenz der letztern offenbarte, mehr Kanäle als früher zu zeichnen, obgleich sie nicht wußten, worauf es ankam, und ihnen stets eingeschärft wurde, nur das zu zeichnen, was sie deutlich sähen. Mehrere Knaben sahen später aus größerer Entfernnng mehr Kanäle als früher aus geringerer.

In Übereinstimmung mit mehrern andern Versuchen über die Grenzen der Wahrnehmbarkeit kommen Evans und Maunder zu dem Ergebnisse, daß Objekte nahe dieser Grenze in 2 Klassen zu trennen sind, nämlich in Punkte und Linien. Was die Sichtbarkeit einer geraden Linie anbelangt, so ist dieselbe vorhanden, wenn bei einer genügenden Länge die Breite

$^1/_{18}$ vom Durchmesser des kleinsten noch sichtbaren Punktes beträgt. Eine solche Linie kann also noch wahrgenommen werden, wenn ihre Breite weit unter der Sichtbarkeitsgrenze für jede andere Gestalt liegt. Wenn daher die Oberfläche des Mars in Wirklichkeit mit einer Reihe gerader Linien bedeckt ist, wie sie die Karten von Schiaparelli und Lowell zeigen, so könnte über ihre Existenz als solche kein Zweifel sein, jeder Beobachter würde sie erkennen. Die Schlußfolgerung von Evans und Maunder ist aber, daß die Marskanäle in einigen Fällen, wie Green vermutete, durch die Grenze von ungleich abgeschatteten Flächenteilen vorgetäuscht werden, in den meisten Fällen aber einfach durch optische Aneinanderreihung (›Integration‹) von Details entstehen, welche zu klein sind, um einzeln wahrgenommen zu werden. ›Die Beobachter des Mars, welche während der letzten 25 Jahre dessen Kanäle zeichneten, haben gezeichnet, was sie sahen, aber die Kanäle, welche sie sahen, haben keine realere Existenz als die, welche die Greenwicher Schulknaben sich einbildeten auf den Vorlagen zu sehen, und die sie demgemäß zeichneten.‹ Das ist der Schluß, zu dem Evans und Maunder durch ihre Experimente geführt worden sind.

Der Lichtwechsel der Jupitermonde beim Vorübergange vor der Jupiterscheibe ist von H. Kloht an Modellen studiert worden.[1]) Die Jupitermonde sind beim Vorübergange vor der Jupiterscheibe bekanntlich zuerst als helle Scheibchen sichtbar, nehmen dann schnell an Helligkeit ab, bis sie etwa bei $^1/_{15}$ des Durchmessers der scheinbaren Jupiterscheibe unsichtbar werden und darauf in der Mitte derselben als dunkle runde Flecke wieder erscheinen; worauf im weitern Verlaufe des Vorüberganges der Lichtwechsel in umgekehrter Reihenfolge auftritt.

Durch irgendwelche zeitweisen Veränderungen an den Monden selbst, wie Fleckenbildung usw., kann dieser regelmäßige Wechsel in der Helligkeit und Sichtbarkeit derselben nicht erklärt werden. Das Zusammenfallen der ganzen Erscheinung mit der Dauer eines Vorüberganges, und die umgekehrte Reihenfolge des Lichtwechsels in der 2. Hälfte des Vorüberganges deuten vielmehr darauf hin, daß der Lichtwechsel der Monde eine optische Täuschung ist, welche durch die Kugeloberfläche Jupiters hervorgerufen wird.

Die Beleuchtung einer Fläche ist bekanntlich am stärksten, wenn die Lichtstrahlen senkrecht auf dieselbe auffallen, während bei schräg einfallendem Lichte die Beleuchtung sich verhält wie der Sinus des Neigungswinkels, den die einfallenden Strahlen mit der beleuchteten Fläche bilden.

Dementsprechend ist die Beleuchtung einer Kugel im Oberflächenmittelpunkte der der Lichtquelle zugewendeten Halbkugel, wo die Lichtstrahlen senkrecht auffallen, am stärksten und wird nach dem Rande derselben wegen der kontinuierlichen Abnahme des Neigungswinkels, den die einfallenden Lichtstrahlen mit der Kugeloberfläche bilden, beständig schwächer, bis sie am Rande selbst, wo die Oberfläche nur noch tangential von den Lichtstrahlen berührt wird, gänzlich aufhört.

[1]) Sirius 1903, p. 25.

Für die Erklärung der in Rede stehenden Erscheinung kommt jedoch nicht das auffallende, sondern das reflektierte Licht in Betracht. Wenn nun auch für die Beurteilung der von einer beleuchteten Kugeloberfläche reflektierten Lichtmenge kein ebenso einfacher Satz zu Gebote steht, wie dies hinsichtlich der Beleuchtung der Fall ist, so muß doch immerhin die Annahme als zutreffend angesehen werden, daß von den einzelnen Punkten einer einseitig beleuchteten total reflektierenden Kugeloberfläche nicht mehr Licht reflektiert werden kann, als auffällt, und daß deshalb die Randzone der der Lichtquelle und dem Beobachter zugewendeten Halbkugel, der schrägen Beleuchtung entsprechend, weniger hell erscheinen muß, als die senkrecht beleuchtete Zentralgegend derselben. Infolge seitlicher Reflexion gelangt zwar nur ein Teil des auffallenden Lichtes in das Auge des Beobachters, aber das Verhältnis dieser reflektierten Lichtmenge zur gesamten auffallenden Lichtmenge muß bei einer gleichmäßig beschaffenen total reflektierenden Kugeloberfläche an allen Stellen derselben das gleiche sein, und die Helligkeit der beleuchteten Hemisphäre deshalb nach ihrem Rande zu in demselben Verhältnis abnehmen wie die Beleuchtung.

Diese Folgerung befindet sich zwar nicht in Übereinstimmung mit dem photometrischen Satze, nach welchem eine leuchtende Kugel als gleichmäßig helle Scheibe erscheinen muß; aber für eine mit reflektiertem Lichte leuchtende Kugel trifft dieser Satz nur dann zu, wenn die beleuchtete Oberfläche derselben mit zahlreichen erheblichen Unebenheiten besetzt ist. Bei einer regelmäßig gekrümmten total reflektierenden Kugeloberfläche ist der Lichtabfall nach dem Rande der beleuchteten Halbkugel deutlich sichtbar, Um aber den ganzen Umfang desselben wahrzunehmen, ist es notwendig, daß die Kugel vor weißem und nicht vor schwarzem Hintergrunde aufgestellt wird. Wird dieser Bedingung genügt, so tritt der Lichtabfall schon bei gewöhnlichem Tageslichte deutlich hervor.

Wenn demnach ein Jupitermond vor der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe vorübergeht, muß vermöge des hellen Untergrundes der Lichtabfall an demselben sichtbar werden. Eine Lichtabnahme nach dem Rande der scheinbaren Scheibe ist zwar auch bei Jupiter vorhanden, obwohl dieselbe wegen des dunklen Untergrundes nur schwach wahrnehmbar ist, aber bei einem Jupitermonde ist dieser Lichtabfall wegen der stärkern Oberflächenkrümmung weit größer, als bei der dem Durchmesser desselben entsprechenden Scheibe der zentralen Jupiteroberfläche; indem bei dem kleinern Monde der an einer Halbkugel auftretende Lichtabfall in seinem vollen Umfange zur Geltung kommt, während bei der zentralen Jupiteroberfläche, auf welche der Mond projiziert erscheint, ein Lichtabfall nicht vorhanden, oder wenigstens nicht wahrnehmbar ist.

Wegen des verhältnismäßig geringen Durchmessers des Jupitermondes vermag aber das Auge den hellen zentralen Teil und die

dunkle Randzone des scheinbaren Scheibchens desselben nicht auseinander zu halten und sieht letzteres deshalb mit einer mittlern Helligkeit, welche geringer sein muß, als die der zentralen Jupiteroberfläche. Der Mond muß daher vor der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe als dunkler runder Fleck erscheinen. Es sei denn, daß der Vorübergang vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche erfolgt, und hierdurch eine Modifikation der Erscheinung bedingt wird.

Wenn der Mond dagegen auf den Rand der scheinbaren Jupiterscheibe projiziert gesehen wird, so tritt die umgekehrte Erscheinung ein. Die Beleuchtung des Mondes ist in dieser Stellung dieselbe, wie in seiner Zentralstellung. Es muß daher auch seine Helligkeit dieselbe geblieben sein. Dagegen ist die Helligkeit der Jupiteroberfläche am Rande der sichtbaren Halbkugel wegen der sehr schrägen Beleuchtung erheblich geringer, als im Oberflächenmittelpunkte derselben, und da ferner der Mond in seinem Oberflächenmittelpunkte die gleiche Helligkeit hat, wie die Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe, so muß die aus Rand- und Zentralgegend der sichtbaren Mondoberfläche resultierende mittlere Helligkeit des Mondes die Helligkeit der Jupiteroberfläche am Rande der sichtbaren Halbkugel übertreffen. Der Mond muß demnach sowohl unmittelbar nach seinem Eintritte in die scheinbare Jupiterscheibe, als auch unmittelbar vor seinem Austritte aus derselben als helles Scheibchen sichtbar sein.

Der Lichtabfall an der sichtbaren Jupiterhalbkugel ist wegen des dunklen Hintergrundes zwar nur in geringem Grade wahrnehmbar, aber der zwischen dem Monde und dem Rande der scheinbaren Jupiterscheibe in Wirklichkeit bestehende Helligkeitsunterschied wird durch diese optische Täuschung nicht aufgehoben.

Zwischen Mitte und Rand der scheinbaren Jupiterscheibe muß die Helligkeit der Jupiteroberfläche infolge der schrägen Beleuchtung an einer bestimmten Stelle aber gerade so weit abgenommen haben, daß dieselbe weder größer, noch geringer ist, als die mittlere Helligkeit des vorübergehenden Mondes. Letzterer kann daher an dieser Stelle weder als dunkles, noch als helles Scheibchen erscheinen, sondern muß unsichtbar bleiben.

Findet der Vorübergang lediglich vor hellem Untergrunde, also nicht vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche statt, und wird angenommen, daß letztere an allen bei dem Vorübergange in Frage kommenden Stellen gleichmäßig gekrümmt ist und gleiche Reflexionsfähigkeit besitzt, so ist sowohl die Lage der Stelle der Jupiteroberfläche, an der das Unsichtbarwerden des Mondes eintritt, als auch der Helligkeitsunterschied zwischen dem Monde und der Jupiteroberfläche bei der Zentral- und Randstellung des erstern annähernd bestimmt.

Die Oberfläche einer Kugel ist bekanntlich viermal so groß, als die Fläcbe eines größten Kreises derselben Kugel. Mithin ist die Oberfläche der beleuchteten Halbkugel des Mondes zweimal so groß, als der von demselben verdeckte kreisförmige Teil der zentralen Jupiteroberfläche, wenn man letztern als eben betrachtet, was ohne großen Fehler gescbehen kann. Das den Jupitermond treffende Sonnenlicht ist mithin auf eine doppelt so große Fläche verteilt, als wie dies bei der dem Durchmesser desselben entsprechenden Scheibe der zentralen Jupiteroberfläche der Fall ist. Die aus Rand- und Zentralgegend der beleuchteten Mondoberfläcbe resultierende mittlere Helligkeit des Jupitermondes kann demnach auch nur gleich $^1/_2$ derjenigen der zentralen Jupiteroberfläche sein, wenn man für die Oberflächen beider Himmelskörper regelmäßige Krümmung und gleiche Reflexionsfähigkeit annimmt.

Bezeichnet man nun die Helligkeit der Jupiteroberfläche in der Mitte mit 1 und am Rande der sichtbaren Halbkugel mit 0, so wird die dazwischen liegende Oberfläche an derjenigen Stelle gleiche Helligkeit mit dem Monde haben, an der die Beleucbtung wegen der schräge auffallenden Lichtstrahlen bis zu $^1/_2$ der senkrechten Beleuchtung in der Mitte der sichtbaren Oberfläche abgenommen hat.

Da aber die Beleucbtung einer Fläche bei schräge auffallendem Lichte dem Sinus des Neigungswinkels proportional abnimmt, und der Sinus von 30° gleich $^1/_2$ ist, so muß die Beleuchtung, resp. Helligkeit der Jupiteroberfläche an derjenigen Stelle gleich $^1/_2$ der zentralen Oberflächenhelligkeit des Planeten sein, an der die einfallenden Lichtstrahlen die Oberfläche desselben unter einem Winkel von 30° treffen. Die Orte der Jupiteroberfläche aber, welcbe unter einem Neigungswinkel von 30° beleucbtet werden, liegen in einem Abstande von 60° um den Oberflächenmittelpunkt der beleuchteten Halbkugel.

Den an dieser Stelle von dem Monde verdeckten Teile der Jupiteroberfläche kann man ohne großen Fehler als eben und als Ellipse ansehen, deren kleine Achse gleich dem Durchmesser des Mondes, und deren große Achse gleich dem doppelten Durcbmesser desselben ist. Die Fläcbe dieser Ellipse ist demnach gleicb der Oberfläcbe der beleuchteten Halbkugel des Mondes. Die gleicbe Licbtmenge ist somit an dieser Stelle bei beiden Himmelskörpern auf gleiche Fläcben verteilt, und nimmt man für beide Oberflächen regelmäßige Krümmung und gleiche Reflexionsfähigkeit an, so müssen die gleicb großen Flächen auch gleich bell erscheinen. Der Mond kann an dieser Stelle mitbin nicbt wahrgenommen werden.

Für die Randstellung des Mondes, wenn derselbe eben voll in die scheinbare Jupiterscbeibe eingetreten ist oder unmittelbar vor dem Austritte den innern Rand derselben berübrt, ist die mittlere Helligkeit der von dem Monde verdeckten Jupiteroberfläche ebenfalls annähernd bestimmt.

Nimmt man den Äquatorialdurchmesser Jupiters zu 145 100 *km* und den Durchmesser des 1. Mondes zu 3950 *km* an, so ergibt sich bei der Randstellung des letztern für diejenigen die Oberfläche Jupiters treffenden Lichtstrahlen, welche den Mond an der der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe zugewendeten Seite tangieren, ein Neigungswinkel von rund 19°, dessen Sinus abgerundet gleich 0.32 ist. Die mittlere Helligkeit des vom Monde verdeckten Teiles der Jupiteroberfläche beträgt demnach 0.16 der zentralen Helligkeit derselben, und da ferner die Helligkeit des Mondes gleich 0.5 der zentralen Helligkeit Jupiters ist, so erscheint uns der 1. Mond in seiner Randstellung ungefähr dreimal so hell als die mittlere Helligkeit der dem Durchmesser des Mondes entsprechenden Randzone der scheinbaren Jupiterscheibe, auf welche wir den Mond projiziert sehen.

Die dieser Betrachtung zugrunde gelegte ideale Gestalt und Beschaffenheit der Jupiteroberfläche kann zwar nicht als in Wirklichkeit vorhanden angenommen werden, aber aus der Tatsache, daß die Erscheinung des Lichtwechsels der Monde bei den Vorübergängen — sofern letztere nicht vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche stattfinden — im allgemeinen mit der vorstehenden Betrachtung übereinstimmt, muß doch entnommen werden, daß die Ungleichmäßigkeiten der Jupiteroberfläche im Verhältnis zur Größe und Entfernung dieses Planeten in der Regel klein sind und deshalb keinen erheblichen störenden Einfluß auf den Lichtabfall an der beleuchteten Jupiterhemisphäre haben.

Kann der zahlenmäßigen Erörterung über den zwischen Mond- und Jupiteroberfläche an den verschiedenen Stellen des Vorüberganges bestehenden Helligkeitsunterschied, wegen der in Wirklichkeit vorhandenen Ungleichmäßigkeiten und Veränderungen der Jupiteroberfläche auch kein absoluter Wert beigemessen werden, so geht aus der Betrachtung doch hervor, daß ein Lichtwechsel der Jupitermonde während ihres Vorüberganges vor der scheinbaren Jupiterscheibe in Wirklichkeit nicht besteht, sondern eine optische Täuschung ist, welche dadurch hervorgerufen wird, daß der mit der Kugelgestalt verbundene Lichtabfall an den Monden so lange nicht wahrnehmbar ist, als selbige auf dunklem Untergrunde neben Jupiter, oder vor dem dunklen Rande desselben gesehen werden, und während des Vorüberganges um so mehr hervortritt, je mehr sich die Monde der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe nähern, d. h. je mehr die Helligkeit der letztern zunimmt.

Um die Richtigkeit dieser Erklärung zu prüfen, hat Kloht einige Kugeln mit total reflektierender Oberfläche fertigen lassen, welche in demselben Größenverhältnis zueinander stehen, wie Jupiter und seine Monde, und hat an und mit denselben sowohl den Lichtabfall von der Mitte nach dem Rande der scheinbaren Scheiben, als auch die gleichen Helligkeitsschwankungen festgestellt, welche man bei den

Vorübergängen der Jupitermonde vor der scheinbaren Jupiterscheibe wahrnimmt.

Heller Fleck auf der Saturnkugel. Am 23. Juni sah Prof. Barnard auf der Licksternwarte, nördlich von der Mitte der Saturnscheibe einen hellen Fleck, den nach telegraphischer Benachrichtigung auch Dr. Hartwig auf der Remeissternwarte zu Bamberg sah. Am 27. Juni morgens 2 Uhr 20 Minuten mittlerer Zeit von Bamberg stand dieser Fleck oder weiße Streifen mitten auf der Saturnscheibe.

Der Durchmesser des Saturnmondes Titan. In astronomischen Schriften wird gewöhnlich angegeben, der Durchmesser dieses Trabanten betrage wahrscheinlich 3- bis 4000 Miles (à 1609.3 *m*). Dieser Wert ist jedoch, wie W. J. Hussey bemerkt,[1]) viel zu groß. Wenn am 36-Zoller der Licksternwarte die Mikrometerfäden so weit voneinander entfernt werden als dem Winkel entspricht, der am Saturn 4000 Miles umspannt, und dann der Trabant Titan zwischen die Fäden gebracht wird, so reicht bei guter Luft und sehr starker Vergrößerung die Scheibe beiderseits nicht bis zu den Fäden. Selbst wenn die Fädendistanz auf 3000 Miles eingestellt wird, ist der Durchmesser des Trabanten noch etwas geringer. Direkte Messungen bei guter Luft ergaben für den Durchmesser des Titan

1902 Juni 19: 0.60" oder 2473 Miles
Oktober 2: 0.53 „ 2332 „

Die 1. Messung wurde unter sehr guten Verhältnissen erhalten; die Vergrößerung war 2400 fach, und Titan zeigte eine scharfe Scheibe. Es ist selten, sagt Hussey, daß für derartige Beobachtungen eine so starke Vergrößerung benutzt werden kann. Die 2. Messung wurde an 1000 facher Vergrößerung erhalten, die geringste, welche vorteilhaft bei einem so kleinen Durchmesser benutzt werden kann. In den Jahren 1894 und 1895 hat Professor Barnard in 5 Nächten den Durchmesser des Titan am 36-Zoller gemessen. Seine Ergebnisse schwanken zwischen 2100 und 3200 Miles, sie ergeben als Mittelwert 2720 Miles. Nimmt man den Durchmesser des Titan rund zu 2500 Miles an, so wird man wahrscheinlich wenig von der Wahrheit abweichen.

Der transneptunsche Planet. Die Frage nach der Existenz eines solchen ist häufig von Laien diskutiert worden; jetzt hat nun W. Lau das Problem wissenschaftlich behandelt.[2]) Er weist zunächst auf die bekannte Tatsache hin, daß die Tafeln der Bewegung des Uranus und Neptun, welche Le Verrier berechnet hat, nicht mehr genau sind. Deshalb hat Lau schon vor einigen Jahren diese Tafeln

[1]) Publ. Astr. Soc. of Pacific Nr. 88.

[2]) Bulletin Astronomique 1903. 20. p. 251.

zu verbessern unternommen, wobei er sich bezüglich der Positionen beider Planeten auf 3425 Meridianbeobachtungen zu Greenwich, Paris und Königsberg stützte, welche die Jahre 1781 bis 1895 umfassen. Die Untersuchung bezüglich des Uranus ergab, daß die Beobachtungen von 1836 bis 1895 vollständig der Theorie entsprechen und keine Spur einer während dieser 60 Jahre von unbekannter Seite auf die Bewegung dieses Planeten ausgeübten Störung andeuten. Für den Neptun lagen Beobachtungen von 1846 bis 1895 vor, und auch sie ergeben eine vollständige Übereinstimmung der Theorie mit der wirklichen Bewegung des Planeten. Lau kommt zu dem Ergebnis: 1. daß die Theorie Le Verriers vollständig die Bewegungen des Uranus und Neptun darstellt; 2. daß die Hypothese eines einzigen transneptunschen Planeten unzulässig ist; 3. daß die Annahme mehrerer unbekannter störender Planeten überflüssig ist, um die Bewegungen des Uranus und Neptun darzustellen, und 4. daß diese Hypothese auch deshalb sehr unwahrscheinlich ist, weil in der Bahn des Neptun keinerlei Störungen des Radiusvektors vorkommen.

Der Mond.

Der Durchmesser des hellen Fleckes um den Krater Linné ist 1898, 1899 und 1902 auf der Harvardsternwarte gemessen worden.[1]) Die Messungen 1902 wurden am 16. Oktober vor und nach der Beschattung des Linné während der totalen Mondfinsternis von Prof. W. G. Pickering am 15-zolligen Refraktor bei 550facher Vergrößerung ausgeführt. Die Luftverhältnisse waren leidlich gut, nach dem Vorübergange des Schattens vielleicht etwas weniger. Am 15. Oktober hatte die Sonne den Krater seit 7.4, am 16. bis zu 8.7 Tage beschienen. Die Messungen Oktober 15 von 11^h 19^m bis 16^h, als Linné noch im vollen Sonnenscheine lag, ergaben im Mittel einen scheinbaren Durchmesser des hellen Fleckes von 2.69"; während der Halbschatten den Fleck bedeckte, nahm dessen Durchmesser bis 3.22" zu; als der Fleck nach Ende der totalen Finsternis wieder im Halbschatten sichtbar wurde, hatte sein Durchmesser bis auf 5.73" zugenommen und schwand dann während 39 Minuten auf 5.43" zusammen. Leider verhinderten Wolken weitere Messungen. Die Gesamtzunahme des Durchmessers betrug etwa $2^2/_3$". Dies übertrifft erheblich die Größenzunahme während der Finsternis von 1898, die gemäß den Messungen von Douglass nach drei verschiedenen Methoden 0.82, 0.73 und 0.15" betrug, während nach W. H. Pickerings Messungen während der Finsternis von 1899 die Vergrößerung nur 0.14" erreichte. Die beträchtliche Zunahme am 16. Oktober 1902 ist aber nicht etwa ungünstigen Luftverhältnissen zuzuschreiben, denn solche würden nach Prof. Pickering die umgekehrte Wirkung ausüben. Die richtige Erklärung der ungewöhnlichen Vergrößerung sucht derselbe in der Annahme, daß der Krater Linné am 15. Oktober

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 67.

letztern Jahres tätiger war als früher und daher mehr Feuchtigkeit in seiner Umgebung kondensiert wurde. Eine Reihe von Messungen, die Prof. Pickering am 20. Oktober, 12.6 Tage nach Sonnenaufgang über Linné, vornahm, ergaben als scheinbaren Durchmesser des weißen Fleckes 4.61″. 4 Messungen im Jahre 1898 zwischen 12.4 und 13.7 Tagen nach Sonnenaufgang über Linné ergaben für dessen Durchmesser: 3.52″, 3.24″, 3.42″ und 3.46″. Die Messung am 20. Oktober 1902 zeigt also in Übereinstimmung mit derjenigen am 15. und 16., daß der Durchmesser des Fleckes in den drei letzten Jahren größer geworden ist. »Bei zukünftigen Beobachtungen«, bemerkt Prof. W. Pickering, »muß man darauf achten, vor der totalen Verfinsterung die genaue Position des Linné mit Bezug auf ostwärts von ihm liegende Punkte festzustellen, damit bei seinem Wiederauftauchen aus dem Schatten kein Augenblick mit Identifizierung des Objektes verloren geht.« Diese bei Linné nachgewiesene Vergrößerung des weißen ihn umgebenden Fleckes ist die erste dieser Art und daher von besondrer Wichtigkeit.

Heller Punkt in der Nachtseite des Mondes. Prof. William H. Pickering veröffentlichte eine Mitteilung, welche ihm von einem Herrn G. S. Jones in Philadelphia über einen hellen Punkt in der Nachtseite des Mondes gemacht wurde. Am 12. August 7.5^h E. S. Z. sah der Beobachter mit einem $6^1/_4$-zolligen Reflektor und 250facher Vergrößerung ein vollständig rundes helles Scheibchen in der Nachtseite des Mondes, das im Verlaufe von ein paar Stunden, in dem Maße, als die Lichtgrenze vorrückte, sich zu einem sehr glänzenden Flecke entwickelte. Seiner Lage nach schien es mit dem kleinen Krater Lambert zusammenzufallen, doch war eine ganz genaue Identifizierung wegen eintretender Bewölkung nicht möglich. In der Nähe des Kraters Lambert, zwischen diesem und Timocharis, liegt ein isolierter Berg, der ungemein stark leuchtet; mit diesem fällt der von Jones gesehene helle Punkt nicht zusammen, denn er zeichnete beide als verschiedene Objekte; anderseits liegt nordöstlich von Lambert der ebenfalls äußerst helle Berg Lahire, der bisweilen gleich einem Sterne strahlt. Es scheint nicht unmöglich, daß es dieser Berg Lahire war, den der Beobachter Jones als hellen Punkt in der Nachtseite des Mondes sah; das Ringgebirge Lambert konnte ihm unmöglich als Punkt erscheinen, höchstens könnte der unansehnliche Zentralberg desselben sich in dieser Weise darstellen, doch hat diesen bis jetzt noch niemand in der Nachtseite des Mondes wahrgenommen.

Die Mondfinsternis am 11.—12. April 1903. Diese nahezu totale Finsternis hat eine Reihe von Erscheinungen dargeboten, welche von dem normalen Verlaufe der Beschattung bei Mondfinsternissen abweichen. Die am 3. August 1887 von Dr. Klein zum ersten Male wahrgenommene Ausdehnung des Erdschattens über die Mondscheibe hinaus hat sich wieder gezeigt und ist von Prof. Deichmüller auf der Bonner Sternwarte gesehen worden. In Frankreich war der Himmel

bis nach Mitternacht meist wolkenlos, aber weniger heiter als gewöhnlich. Einige zu Paris auf dem Eifelturme stationierte Beobachter konnten während der 1. Hälfte der Finsternis den im Schatten der Erde befindlichen Teil des Mondes nicht wahrnehmen. In Bordeaux war um die Mitte der Finsternis nur ein schwacher rötlicher Schimmer sichtbar; in Madrid verschwand der verfinsterte Mond völlig, und keine Spur von Rot konnte wahrgenommen werden. Der Beobachter in Algier war erstaunt über die Schwärze des Erdschattens. In Bayonne, wo der Himmel sehr heiter war, verschwand gleichwohl der verfinsterte Teil des Mondes vollständig, ebenso in Montpellier. In Marseille konnten nur einzelne Punkte der Mondscheibe wahrgenommen werden. Denning in Bristol war von der tiefen Schwärze des Erdschattens auf dem Monde überrascht. Auch die Beobachter in Rußland konnten diese Tatsache feststellen, und zu Orel war der verfinsterte Mond im Fernrohre völlig unsichtbar. Durch diese und andre Beobachtungen ist festgestellt, daß bei der Mondfinsternis in der Nacht vom 11.—12. April der Erdschatten ungewöhnlich dunkel war, so daß nicht nur die sonst bei Mondfinsternissen auftretende tiefrote Färbung der Mondscheibe fast völlig ausblieb, sondern sogar der verfinsterte Teil des Mondes unsichtbar wurde. Etwas Ähnliches ist früher nur 1642, 1764 und 1816 eingetreten, aber damals bei totalen Mondfinsternissen, während die April-Finsternis des gegenwärtigen Jahres nicht total war. Die Ursache der Erscheinung kann nur in unserer Erdatmosphäre zu suchen sein, und zwar in einer sehr dichten Bewölkung derselben oder in Staubmassen, die die höhern Regionen derselben außergewöhnlich undurchsichtig machten. Der Astronom Backhouse schreibt die Erscheinung direkt der Anhäufung vulkanischer Rauch- oder Staubmassen in unserer Atmosphäre zu und denkt dabei an die vulkanischen Vorgänge des Jahres 1902. Daß letztere höchst fein verteilte Auswurfsprodukte bis in sehr hohe Luftregionen emporgeschleudert haben, ist durch die starken roten Färbungen des Abendhimmels hinreichend erwiesen. Auch ist merkwürdig, daß die oben erwähnte Sichtbarkeit des Erdschattens außerhalb der Mondscheibe im Jahre 1887 zusammenfiel mit dem Auftreten von Lichterscheinungen (leuchtenden Nachtwolken) in den höchsten Luftregionen, deren Ursache in dem Emporschleudern von Staub- und Gasmassen durch den Krakatau-Ausbruch gesucht wird. Sonach ist es in der Tat wahrscheinlich, daß die abnormen Erscheinungen während der letzten Mondfinsternis dadurch hervorgerufen wurden, daß in den höhern Luftregionen sehr fein verteilte Materie vorhanden war, die dort gewöhnlich nicht anzutreffen ist.

Schließlich wird diese Ansicht bestätigt durch die Tatsache, daß dem Verschwinden des Mondes bei der Finsternis von 1816 die ungeheure vulkanische Katastrophe vom 5. April 1815 vorherging, bei welcher der Vulkan Tambora so viel Material auswarf, daß in einer Entfernung von 50 Meilen der Tag völlig zur Nacht wurde.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1902. Prof. H. Kreutz gab[1]) eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen des Jahres 1902, der folgendes entnommen ist:

Komet 1902 I (1902 a), wurde am 14. April 1902 in den Morgenstunden von Brooks in Geneva N. Y. entdeckt. Der Komet, der schon längere Zeit, ohne aufgefunden worden zu sein, am Himmel gestanden hatte, verschwand bald in den Sonnenstrahlen, so daß er nicht über den 19. April hinaus beobachtet werden konnte. In den wenigen Tagen seiner Sichtbarkeit war der Komet hell 8. Größe, mit einer kernartigen Verdichtung 9. Größe. Die Koma hatte einen Durchmesser von 3′, ein kurzer Schweif von 25′ Länge war vorhanden.

Die folgenden Elemente sind von Kreutz und Strömgren aus April 16—18 abgeleitet worden.

$T = 1902$ Mai 7.159 M. Z. Berlin, $\omega = 228^0\ 22'7$ 1902.0, $\Omega = 52^0\ 15'.4$ 1902.0, $i = 66^0\ 30'.4$ 1902.0, $\log q = 9.65436$.

Komet 1902 II (1902 c), entdeckt als schwacher Nebel am 23. Juli 1902 von John Grigg in Thames, Neuseeland, und ausschließlich vom Entdecker nur an wenigen Tagen bis August 3 beobachtet. Die 1. Nachricht von der Entdeckung gelangte erst am 6. August in die Hände der Astronomen des australischen Kontinents; die Bemühungen, den Kometen dann noch aufzufinden, sind zunächst infolge des Mondscheins und später wegen zunehmender Lichtschwäche leider erfolglos geblieben. Die Beobachtungen von Grigg sind nur genäherte Einstellungen an den Kreisen eines $3\,^1/_2$ zolligen Refraktors und dürften beträchtlichen Unsicherheiten unterliegen. Demgemäß werden auch die folgenden, vom Entdecker selbst abgeleiteten Elemente nur eine rohe Näherung darstellen.

$T = 1902$ Juni 20.37 M. Z. Berlin, $\omega = 301^0\ 46'1$ 1902.0, $\Omega = 217^0\ 30'.8$ 1902.0, $i = 16^0\ 42'.9$, $\log q = 9.76618$.

Komet 1902 III (1902 b), wurde am 31. August 1902 von Perrine auf Mount Hamilton und am 2. September von Borrelly in Marseille entdeckt. Der Komet hatte die Helligkeit eines Sternes 9. Größe; der Durchmesser betrug 4′; eine Verdichtung 11. Größe und ein kurzer Schweif waren zu erkennen. Mit abnehmender Entfernung von Sonne und Erde nahm die Helligkeit des Kometen beträchtlich zu; gegen Ende September wurde er dem bloßen Auge sichtbar und erreichte Mitte Oktober mit der Helligkeit eines Sternes 4. Größe das Maximum seines Glanzes. Das Aussehen des Kometen änderte sich mit zunehmender Helligkeit nur unwesentlich. Auch der Schweif blieb stets unansehnlich; nur auf den photographischen Aufnahmen erschien er in mehrere, bis zu sieben, Teile geteilt und konnte bis zu einer Länge von 3^0 verfolgt werden.

[1]) Vierteljahrsschrift d. astron. Ges. 1903. 38. p. 64.

Zufolge der Helligkeit und der günstigen Stellung am Himmel — Anfang Oktober erreichte der Komet mit 57° die nördlichste Deklination — sind die Beobachtungen außerordentlich zahlreich gewesen. Mitte November mußten sie wegen Hineinrückens des Kometen ins Tageslicht zunächst ihr Ende finden; die letzte Ortsbestimmung ist November 17 auf der Lickst̃ernwarte angestellt worden. Über die weitern Beobachtungen auf der Südhalbkugel sowie das Wiedersichtbarwerden auf der nördlichen Hemisphäre Mitte Februar 1903 wird im nächsten Jahre berichtet werden.

Die folgenden von Strömgren aus 3 Beobachtungen September 1, 20 und Oktober 8 abgeleiteten Elemente schließen sich dem ganzen, bisher beobachteten Laufe nahe an, so daß jedenfalls eine bedeutende Abweichung von der Parabel nicht vorhanden sein wird.

$T = 1902$ Nov. 23.88925 M. Z. Berlin, $\omega = 152^\circ\ 57'\ 28.2''$ 1902.0, $\Omega = 49^\circ\ 21'\ 7.5''$ 1902.0, $i = 156^\circ\ 21'\ 9.8''$ 1902.0, log $q = 9.603246$.

Bemerkenswert ist noch eine große Annäherung des Kometen an Merkur; die kleinste Entfernung, November 29, betrug nur 0.0233 Erdbahnhalbmesser. Eine beträchtliche Störung der Bahn des Kometen, welche eine Bestimmung der Merkursmasse hätte herbeiführen können, hat aber trotzdem wegen der Kleinheit der letztern nicht stattgefunden.

Komet 1903 ... (1902 d), entdeckt 1902 Dezember 2 in 7^h AR., -2° Deklination von Giacobini in Nizza als kleiner runder Nebel 11. Größe mit deutlichem Kerne, aber ohne Schweif. Wie die unten mitgeteilten Elemente zeigen, besitzt der Komet die außergewöhnlich große Periheldistanz 2.8, die nur von der des Kometen 1729 übertroffen wird. Demzufolge blieb derselbe auch stets ziemlich weit von der Erde entfernt und hat bis jetzt keine bemerkenswerte Erscheinung dargeboten. Dagegen wird die Sichtbarkeitsdauer, zumal er fast 4 Monate vor dem Perihel entdeckt wurde, voraussichtlich eine ungewöhnlich lange sein; zurzeit ist ein Abbruch der Beobachtungen noch nicht vorauszusehen.

Die folgenden Elemente von Ristenpart beruhen auf Beobachtungen von 1902 Dezember 3—1903 Januar 15 und werden voraussichtlich nur mehr geringen Änderungen unterliegen.

$T = 1903$ März 22.86660 M. Z. Berlin, $\omega = 5^\circ\ 35'\ 17.7''$ 1903.0, $\Omega = 117^\circ\ 27'\ 35.5''$ 1903.0, $i = 43^\circ\ 55'\ 26.9''$ 1903.0, log $q = 0.443683$.

Im Sommer 1902 war der Komet 1895 II (Swift) nach der Vorausberechnung von Schulhof wieder zu erwarten. Eine Auffindung hat nicht stattgefunden, was wohl der Lichtschwäche des Kometen in dieser Erscheinung zuzuschreiben ist.

Ein gleiches Schicksal erlitt der 3. Tempelsche Komet, für den Bossert Aufsuchungsephemeriden gegeben hatte. Leider hat Bossert über die Grundlagen seiner Ephemeride bis jetzt nichts mit-

geteilt, doch ist so viel aus den Werten von log r zu ersehen, daß das Perihel in die Zeit des 24. Januar 1903 gefallen sein muß, während man nach den für 1897 oskulierenden Elementen hierfür den 21. Dezember 1902 hätte erwarten sollen. Die Störungen haben also offenbar das Perihel um mehr als einen Monat verschoben und damit den Kometen aus seiner günstigen Stellung zur Erde, die er bisher in jeder 2. Erscheinung, nämlich 1869, 1880 und 1891 inne hatte, herausgerückt. Diesem Umstande ist es wohl auch zuzuschreiben, daß der Komet im Winter 1902—1903 nicht aufgefunden worden ist; das Maximum der Helligkeit betrug nur 0.40 (Einheit der Helligkeit $r = \Delta = 1$), blieb also sehr beträchtlich hinter den für die oben genannten Erscheinungen geltenden Werten, die stets die Einheit überschreiten, zurück. Es hat hiernach fast den Anschein, als ob wir auch diesen Kometen, wenigstens für eine längere Reihe von Umläufen, zu den verlorenen zu rechnen haben werden.

Die scheinbaren Beziehungen zwischen den heliozentrischen Perihelbreiten und den Periheldistanzen der Kometen. Dr. J. Holetschek hat an den bis 1900 beobachteten und berechneten 355 Kometen untersucht, wie sich die heliozentrischen Breiten der Perihelpunkte und die Periheldistanzen dieser Kometen bezüglich ihrer Größe zueinander verhalten.[1]) Dabei zeigt sich, daß sehr kleine Periheldistanzen (kleiner als etwa 0.3) fast ausschließlich mit stark südlichen Perihelbreiten (von etwa —30 bis —90°), etwas größere Periheldistanzen (ungefähr von 0.3 bis 0.8) hauptsächlich mit nördlichen Perihelbreiten (und zwar nicht nur von 0 bis + 30°, sondern insbesondere auch von + 30 bis + 90°) und noch größere Periheldistanzen (gegen 1.0 und größere als 1.0) am häufigsten mit niedrigen, sei es nördlichen oder südlichen Perihelbreiten (0 bis + 30° und 0 bis —30°) verbunden vorkommen.

Die zwei 1. Beziehungen lassen sich in folgender Weise noch allgemeiner ausdrücken. Wir sehen auf der nördlichen Erdhemisphäre von den Kometen mit stark nördlichen Perihelbreiten hauptsächlich diejenigen, welche mit größern Periheldistanzen, und am wenigsten die, welche mit ganz kleinen Periheldistanzen verbunden sind, von den Kometen mit stark südlichen Perihelbreiten hauptsächlich diejenigen, welche mit ganz kleinen, und am wenigsten die, welche mit größern Periheldistanzen verbunden sind. Auf der südlichen Erdhemisphäre ist für südliche, beziehungsweise nördliche Perihelpunkte dasselbe zu erwarten.

Es sind also die zwei 1. Beziehungen eine Folge des Standpunktes der meisten Kometenentdecker unter höhern, und zwar zumeist nördlichen geographischen Breiten, während die dritte von der Erdhemisphäre unabhängig ist und auch bei Kometenentdeckungen in Äquatorgegenden zu erwarten wäre.

---

[1]) Anzeiger der Wiener Akademie 1902. p. 320.

Die zweite und dritte dieser Beziehungen können als eine Folge des Satzes erklärt werden, daß die Kometen desto leichter sichtbar werden, je größer die Helligkeit ist, die sie für uns erlangen, und daß diese Helligkeit desto größer wird, je mehr die Zeit der Erdnähe mit der Perihelzeit zusammentrifft, während die erste, sich entgegengesetzt verhaltende Beziehung dadurch entsteht, daß dieser Helligkeitssatz in seiner 2. Hälfte auf Kometen mit kleinen Periheldistanzen keine Anwendung hat, indem diese Kometen nicht im Perihel, sondern nur weit vom Perihel in die Erdnähe kommen und daher auch meistens nur weit vom Perihel beobachtet werden können.

Photographische Aufnahmen des Kometen b 1902 auf der Licksternwarte.[1]) Über diese Aufnahmen gibt R. H. Curtiß Nachbildungen und Beschreibungen, von jenen sind einige auf Tafel I wiedergegeben.

Auf der 1. Platte mit langer Exponierung (September 3) zeigt der Komet einen sekundären Schweif.

Am 4. Oktober wurde 6 Stunden hindurch exponiert, während deren der Schweif seine Position um 2.5^{0} änderte, und dementsprechend ist nur wenig Detail in dem Kometenbilde zu erwarten. Der Hauptschweif erscheint schmal und gerade, der andere fast ebenso hell, aber halb so lang und gekrümmt. Der Kern erscheint umgeben von Nebel.

Oktober 25. Von dem sekundären Schweife ist mit Gewißheit nichts zu erkennen, der Hauptschweif zeigt dagegen interessante Formen. Der Kern ist groß, die Koma hat sich wenig geändert. Die Nebelmaterie erstreckt sich auf der der Sonne abgewandten Seite weiter wie auf dieser.

Oktober 26. Während der letzten 24 Stunden hat der Schweif seine Gestalt völlig geändert, er ist am Kopfe schmal, erbreitert sich aber weiterhin plötzlich, und mitten in dieser Erbreiterung zeigt sich ein dunkler Spalt.

Oktober 29. Der Schweif ist am Kopfe breit, wird darauf schmäler und dann wieder breiter und umschließt einen schmalen dunklen Strich.

Oktober 31. Diese Aufnahme lieferte das interessanteste Bild des Kometen von allen. Der Hauptschweif zeigt nicht weniger als acht feine Striche, die sich von ihm nach auswärts verlieren.

November 1. Die feinen Striche von gestern scheinen zu verschwinden, doch sind noch vier oder fünf vorhanden, sonst hat sich das Aussehen des Schweifes wenig geändert. Die Nebelmaterie um den Kern ist in merklichem Maße geschwunden.

November 2. Der Schweif erscheint am Kopfe des Kometen sehr scharf und schmal mit einem sehr schwachen, kurzen Ausläufer an jeder Seite. Weiterhin zeigt sich ein schmaler Ausläufer vom

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 42.



Hauptschweife getrennt, welch letzterer breiter wird, dann wieder schmaler erscheint und sich in wechselnder Breite bis zum Ende der Platte fortsetzt. In einem gewissen Abstande hinter dem Kopfe des Kometen zeigt sich eine ansehnliche Nebeligkeit rings um den Schweif.

Transparenz des Kometen b 1902. Am 14. Oktober ging dieser Komet in einer Entfernung von etwa 1′ an einem Sterne 7.12 Größe vorüber, während die Koma einen Durchmesser von 5 oder 6′ besaß. Prof. Wendell hat gelegentlich des Vorüberganges diesen Stern am 15-zolligen Refraktor, der mit einem Polarisationsphotometer versehen war, mit einem Sterne 8.19 Größe verglichen. Im ganzen wurden 8 Reihen von Messungen ausgeführt, welche übereinstimmend zeigten, daß eine Helligkeitsverminderung durch Absorption des Sternenlichtes in der Koma des Kometen nicht stattfand oder höchstens nur 0.01 bis 0.02 Sterngröße betragen haben kann.[1])

Komet c 1903 (Borrelly). Von diesem Kometen sind auf der Licksternwarte photographische und spektroskopische Aufnahmen gemacht worden.[2]) Die photographischen Aufnahmen daselbst begannen gleich in der auf die Entdeckung folgenden Nacht, und bis zum 15. Juli waren 9 Exponierungen von 38 Minuten bis 4 Stunden Dauer ausgeführt mit einer Dallmeyercamera von 15 *cm* Öffnung und 82.6 *cm* Brennweite, sowie drei mit einer Floydcamera von 13 *cm* Öffnung und 178 *cm* Brennweite. Auf diesen Platten zeigt der Komet 2 Schweife, von denen der eine nahezu gerade, der andere gekrümmt erscheint. Der letztere ist kurz und sehr hell, der andere dagegen länger, aber schwächer. Eine 5^h lang exponierte Platte vom 23. Juni zeigt beide Schweife weit getrennt, der gerade ist am Kopfe des Kometen schmal, erbreitert sich aber später und hat eine Länge von 1.5^0. Auf der Platte vom 29. Juni erscheint er in 2 Arme getrennt, die schon am Kometenkopfe getrennt sind und etwas divergieren. Der sekundäre Schweif war am 30. Juni 1.5^0 lang, der andere 5^0 und wie in der vorhergehenden Nacht geteilt. Ein Arm davon erschien gerade, der andere wellig gekrümmt und breiter. In der darauffolgenden Nacht erschien dieser Schweif scharf und einfach. Die Platten vom 12. und 13. Juli zeigen 2 Schweife, den Hauptschweif schmal und gerade, den sekundären Schweif dagegen noch erheblich gekrümmt. Auf der Platte vom 12. Juli (mit 38^m Expositionsdauer) ist der Hauptschweif 4^0, der andre 1.5^0 lang. Die Platte vom 14. Juli ($1^h\,48^m$ Expositionsdauer) zeigt einen geraden, schmalen Schweif von 8.5^0 Länge, der sich vom Kopfe des Kometen ab ein wenig ausbreitet. Auf allen Platten ist der Kern des Kometen scharf und zentral in der Nebelhülle (Koma)

[1]) Harvard-Observatory Bulletin Nr. 68.
[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 47.

des Kopfes. Während dieser Aufnahmen näherte sich die Erde rasch der Ebene der Bahn des Kometen, und gleichzeitig nahm der Winkel zwischen den beiden Schweifen scheinbar ab, bis beide auf der Platte vom 14. Juli zusammenfallen. Das Spektrum des Kometen ist am 15. Juli auf der Lickstemwarte am Croßleyreflektor mit fünfstündigem Exponieren aufgenommen worden.[1]) Es zeigt die gleichen 5 Banden, welche bei den Aufnahmen der frühern Kometen 1893 (Rordame) und b 1894 (Gale) von Campbell erhalten wurden. Auch die relativen Helligkeiten dieser Banden sind die gleichen wie früher, mit Ausnahme der Bande von der Wellenlänge β 420, die diesesmal überaus schwach erscheint. Außer diesen Banden zeigt sich ein sehr kleines kontinuierliches Spektrum. Am 36-zolligen Refraktor war am 14. und 15. Juli ein relativ helles kontinuierliches Spektrum des Kometen mit den drei charakteristischen Banden zu sehen, die hellste der letztern bei der Wellenlänge λ 4700. Ein Versuch, an diesem Refraktor das Spektrum zu photographieren, gelang nicht, denn selbst nach sechsstündigem Exponieren waren auf der Platte nur Spuren der Linie λ 4700 zu sehen.

Bredichins mechanische Theorie der Kometenerscheinungen. Prof. Th. Bredichin hat vor einigen Jahren die Hauptergebnisse seiner Untersuchungen über die Kometenerscheinungen in einer Abhandlung veröffentlicht, die in russischer Sprache geschrieben und deshalb der wissenschaftlichen Welt außerhalb Rußlands kaum zugänglich ist. Von derselben gab ein R. Jaegermann eine vom Verfasser gebilligte deutsche Übersetzung,[2]) welche im wesentlichen folgendes enthält:

Die mechanische Theorie der Kometenerscheinungen nimmt an, daß die Kometenausströmungen und die Schweife aus Teilchen von wägbarem Stoffe bestehen, deren Verdünnung bis zu Atomen oder Molekeln vorgeschritten ist. Alle die Formen der Schweife, ihre Lage und Veränderungen bedingenden Bewegungen dieser Teilchen im Raume, sind dem Newtonschen Gesetze bei einer von der chemischen Eigenschaft der Teilchen abhängigen Größe der Sonnenrepulsionskraft, unterworfen. Diese Repulsion erzeugt, zusammen mit der Newtonschen Sonnenattraktion, die effektive Kraft. Indem in die Bewegungsformeln ein Impuls eingeführt wird, welchen die Kometenteilchen in Form einer Anfangsgeschwindigkeit in der Richtung zur Sonne erhalten, konstruiert die Theorie völlig einfach alle durch die Beobachtungen gegebenen Kometenformen. Sie setzt die physische Natur der Sonnenrepulsion als unbekannt voraus und stellt sich lediglich die Aufgabe, die Bewegung der ponderablen Teilchen der

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 47.

[2]) Naturwiss. Rundschau, Braunschweig 1903 Nr. 26 u. 27.

Materie zu verfolgen, welche den nach ein und demselben Newtonschen Gesetz wirkenden attraktiven und repulsiven Kräften unterworfen sind.

Die beobachteten komplizierten Formen der Kometen erhalten eine einfache Erklärung und die Möglichkeit einer geometrischen Konstruktion durch die aus den Beobachtungen festgestellte Tatsache, daß verschiedenartige, vom Kometen sich loslösende Stoffe einer verschiedenen Repulsionskraft unterworfen sind, wobei diese Verschiedenheit sich sogar in einer verschiedenen Anfangsgeschwindigkeit äußert. Eine Komplikation der Form entsteht noch dadurch, daß die Kometenausströmungen, gemäß den direkten Beobachtungen, ihre Dichtigkeit entweder periodisch oder stoßweise ändern und dadurch Unterbrechungen in der Ausströmung selbst und folglich auch im Schweife hervorrufen. Endlich ist der Ausströmungssektor, den unmittelbaren Beobachtungen zufolge, periodischen Schwingungen um den Radiusvektor sowie einer Verbreiterung unterworfen, welcher Umstand großen Einfluß auf die Schweifform besitzt.

Die Stofflichkeit der vom Kerne in der Richtung zur Sonne ausgehenden und darauf in den Schweif zurückbiegenden Ausströmung ist auch durch die Spektralbeobachtungen erwiesen; die Spektrallinien der Ausströmung und der durch dieselben gebildeten Anfangsform des Schweifes, welche überhaupt der Kopf des Kometen genannt werden kann, beweisen die Gegenwart bestimmter chemischer Elemente und ihrer Verbindungen. Die Spektrallinien werden durch die im elektrischen Glühzustande sich befindenden Dämpfe und Gase hervorgerufen, wie in den Geißlerschen Röhren die Spektrallinien von den chemischen Eigenschaften des das Rohr erfüllenden, verdünnten Gases abhängen. Bei größerer Entfernung der Gase vom Kopfe, d. h. im Schweife, verringert sich schnell der Zustand des Selbstglühens, und das Polariskop weist im Schweife die Gegenwart von Sonnenlicht nach, welches natürlich nur von irgend einer Materie reflektiert sein kann.

Bredichin verweist bezüglich der neuern Kometen auf die Photographien der Kometen 1893 II und 1893 IV und in betreff der ältern auf die Zeichnungen des großen Kometen 1882 II. Letzterer besaß am Schweifende zwei ungeheure Verdichtungen, welche als Schmidtsche Wolken bezeichnet werden, da dieser Beobachter am genauesten fast jeden Tag im Laufe eines ganzen Monats ihre Lage zwischen den Sternen bestimmte. Bredichin hat an mehrern Abenden ihre Form gezeichnet und erkannt, daß ihre Struktur mit voller Deutlichkeit sich als faserig erwies, so wie dieses oft bei unsern Federwolken zu sehen ist. Die gegenseitige Lage dieser zarten Fasern änderte sich allmählich von Tag zu Tag infolge der ungleichen Geschwindigkeit in den verschiedenen Teilen der Wolken. Die mittlere Geschwindigkeit dieser letztern im Raume betrug ungefähr sechs geographische Meilen in der Sekunde.

Diese Wolken gehörten der Substanz und der Kraft nach dem 2. Bredichinschen Kometenschweiftypus an; wenn sie vom 1. Typus gewesen wären, so würde die mittlere Geschwindigkeit auch nur ungefähr dreizehn geographische Meilen in der Sekunde betragen haben.

Die von Prof. Hussey erhaltenen Aufnahmen des Kometen 1893 II zeigen an einem Tage drei knotenförmige, unregelmäßige Verdichtungen; am folgenden Tage ist auf der ganzen Schweiflänge keine einzige Verdichtung mehr sichtbar, und der Schweif stellt sich als ein gleichmäßiger Streifen, als helles Strahlenbüschel dar. Auf den Photographien der Verdichtungen, welche nach je einer Stunde aufgenommen sind, ist die Bewegung der Verdichtungen schon bemerkbar. und Hussey bestimmte mikrometrisch die Größe dieser Bewegung. Es ergab sich im Mittel aus den 3 Verdichtungen eine Geschwindigkeit im Raume 12,8 geographische Meilen in der Sekunde.

Der Schweif des Kometen war überhaupt schwach und ziemlich kurz, so daß die auf der Platte erhaltene Länge nur etwas mehr als 6° betrug. Zieht man die lineare Länge des Schweifes und die oben angeführte Schnelligkeit (12,8 geographische Meilen) in Betracht, so ist sogleich ersichtlich, daß am andern Tage die Stoffverdichtungen sich schon weit hinter dem Schweifende befinden mußten; aus diesem Grunde konnten sie nicht mehr in den Grenzen der Platte, welche den Kopf des Kometen enthielt, fixiert werden. Es ist klar, daß zu einer solchen Metamorphose in der Schweiffigur durchaus nicht Lichtgeschwindigkeiten erforderlich sind.

Auf einer Reihe photographischer Aufnahmen vom Kometen 1893 IV wurden die ersichtlichen Formen und Lagen von Bredichin mit der Theorie verglichen; es ergab sich, daß die wolkenartigen Verdichtungen, welche sich von Tag zu Tag den Schweif entlang bewegten, eine Bewegungsgeschwindigkeit im Raume besaßen, welche der oben angeführten sehr nahe kommt. Natürlich können die Geschwindigkeiten der Kometenteilchen unter Umständen erheblich größer werden, als die angeführten. Dies kann dann stattfinden, wenn die Periheldistanz des Kometen sehr gering ist; die Teilchen, welche den Kometen auf sehr kleinen Entfernungen desselben von der Sonne verlassen, erreichen alsdann sehr große Geschwindigkeiten. Es kann z. B. für Kometen, deren Bahnen der Bahn des Kometen 1882 II sehr ähnlich sind, leicht gefunden werden, daß die Teilchen des 1. Typus, welche den Kern bei einer Entfernung von der Sonne gleich 0,005 verlassen haben, in einer Entfernung 0,2 vom Kerne eine Geschwindigkeit von 360 geographischen Meilen in der Sekunde erhalten können. Diese Größe unterscheidet sich nur sehr wenig von der maximalen, möglichen Geschwindigkeitsgrenze, welche die Bewegung der Schweifteilchen erreichen kann.

Für das Maximum der Kraft des 2. Typus beträgt die Geschwindigkeit der Schweifteilchen unter den obigen Bedingungen

115 geographische Meilen in der Sekunde; der Kern selbst besitzt in der Entfernung 0,005 von der Sonne eine Geschwindigkeit von 82 geographischen Meilen in der Sekunde.

Es sei bemerkt, daß Schweife mit solchen Geschwindigkeiten der Teilchen niemals beobachtet wurden. In der Tat durchlaufen in einer solchen Nähe bei der Sonne die Kometenkerne einen Bogen von 300° in etwas mehr als 24 Stunden; die Teilchen reißen sich also vom Kerne los mit einer ungeheuren Geschwindigkeit und in äußerst schnell sich ändernden Richtungen. Es ist völlig begreiflich, daß unter solchen Bedingungen die gewöhnlich sehr verdünnte Schweifmaterie im wahren Sinne des Wortes bis zur Unsichtbarkeit im Raume zerstreut wird.

Eine andere Art schneller, sichtbarer Veränderungen der Lage und zugleich der Form der Schweifbildungen finden wir ebenfalls bei frühern Kometen, und einfache Berechnungen erklären ihre Ursache.

Der große Komet 1861 II besaß vor und nach Mitternacht am 30. Juni zwei regelmäßige Konoide des 1. und 3. Typus mit der gewöhnlichen Verbreiterung zum Ende hin. Gegen 12^h 30^m M. Z. Greenwich bot der Komet nach den Beobachtungen und der Zeichnung von Williams in Liverpool, welche durch Webb in London bestätigt wurden, eine ungewöhnliche Erscheinung dar: sein Schweif bildete eine Art Fächer, welcher in einem Winkel von 80° geöffnet war; in demselben befanden sich fünf einzelne, fast gleichmäßig verteilte Strahlen oder Büschel von 45° Länge; der Raum zwischen den Strahlen war namentlich in der Nähe des Kopfes von einem weniger hellen Stoffe angefüllt. Die Strahlen änderten sehr schnell ihre Lage am Himmel. Secchi in Rom beobachtete um 11^h 30^m und Schmidt in Athen um 11^h 43^m zwei dem äußern Ansehen nach gewöhnliche Konoide. In Moskau beobachteten am 30. Juni bei hellem Nordhimmel Schweizer und Bredichin eine Ausströmung des Kernes, die aus fünf hellern, einzelnen Strömen oder Strahlen bestand. Ein Vergleich der 5 Büschel des Schweiffächers mit den 5 Ausströmungsstrahlen führte zur Überzeugung, daß die Strahlen der Ausströmung den Büscheln im Schweifkonoide entsprachen.

Während dieser ungewöhnlichen Erscheinung befand sich der Kometenkern zwischen der Erde und der Sonne, in einer Entfernung von der Erde, welche etwas mehr als 0,1 der Entfernung zwischen der Erde und der Sonne betrug. Der lange Schweif zog sich nach Norden derart über die Erde hin, daß seine nächsten Teile von der Erde weniger als 0,02 Erdbahnradien, d. h. etwa 0,4 Million geographische Meilen abstanden. Eine einfache geometrische Zeichnung genügt völlig, um zu zeigen, welchen Einfluß auf die Schweifrichtung die Perspektive hervorrief. Bei der bedeutenden gegenseitigen Bewegung des Kometen und der Erde konnte eine solche Perspektivewirkung nicht lange anhalten, und in wenigen Stunden mußte der

Fächer sich so bedeutend zusammenfalten, daß der Schweif wieder seine normale Figur annahm, welche vor dem Eintritte der durch die Perspektive hervorgerufenen Eigentümlichkeiten beobachtet wurde.

Zugunsten der Materialität der Schweifteilchen spricht deutlich die Notwendigkeit der Annahme einer Verschiedenheit der Molekulargewichte oder der Dichtigkeit, woraus umgekehrt die Verschiedenheit der repulsiven Kraft und der Anfangsgeschwindigkeit der Ausströmung aus dem Kerne sich ergibt. Eine ungeheure Verschiedenheit äußert sich, wie viele Beispiele zeigen, in den Schweifen verschiedener Typen bei einem und demselben Kometen. Der große Komet 1861 II besaß 2 Schweife (1. und 3. Typus), welche sich scharf voneinander unterschieden, sowohl durch ihre Krümmung und Ablenkung vom verlängerten Radiusvektor, als auch durch ihre Länge, ihr Licht und ihre paraboloidförmigen Hüllen auf der Sonnenseite. Aufmerksame Beobachtungen und genaue Zeichnungen zeigen, daß der Radius der Hülle des 3. Typus zweimal größer war als der Radius der Hülle des 1. Typus, so daß das Konoid des 3. Typus beim Kopfe und auch weiterhin breiter war, als das des 1. Typus. Bei einem bestimmten Verhältnis der Kräfte einerseits und der Anfangsgeschwindigkeit anderseits ist auch die theoretische Möglichkeit einer solchen gegenseitigen Lage der Stoffhüllen von verschiedener Dichtigkeit gegeben. Als Illustration zu allem diesen sind die Zeichnungen des Kometen sehr wertvoll, welche J. Schmidt unter dem klaren Himmel von Athen entworfen hat.

Auf einer gewissen Entfernung vom Kopfe brach das Konoid des 1. Typus sich sozusagen seine Bahn durch das Konoid des 3. Typus und ließ letzteres im Sinne der Bewegung des Kometen im Raume hinter sich zurück.

Äußert sich der Dichteunterschied der Teilchen in den repulsiven Kräften und in den Anfangsgeschwindigkeiten nicht so stark und so scharf, wie bei dem 1. und 3. Typus, sondern bildet sie vielmehr eine gewisse Aufeinanderfolge nicht bedeutend voneinander sich unterscheidender Größen (verschiedene Kohlenwasserstoffe, leichte Metalle usw.), so werden die entsprechenden Konoide auch nicht so stark wie die Typen 1 und 3 auseinandergehen, sondern sich unbedeutend voneinander trennen und wenig abgelenkt sein. In diesem Falle bildet sich ein Konoidensystem, welches im ganzen mehr gegen sein Ende hin ausgebreitet ist, als ein jedes einzelne Konoid des einen oder andern Stoffes. Eine solche Form besaß im allgemeinen der Hauptschweif des großen Donatischen Kometen (1858 VI).

Wenn die Ausströmung aus irgend einem Grunde eine gewisse Zeit hindurch unterbrochen wird, so muß im Schweife ebenfalls eine Unterbrechung auftreten. Die Zeichnungen früherer Kometen geben uns mehr als ein Beispiel einer solchen Unterbrechung, ja sogar mehrerer. Es ist unter anderem beim Kometen 1873 V auf den prachtvollen Zeichnungen von Tempel in Florenz ein Schweif zu

sehen, welcher auf diese Weise vom Kometen abgerissen ist und im Raume seine eigene Bahn — oder besser gesagt — ein System von Bahnen beschreibt, nämlich jedes Teilchen eine andre. Die Ausströmung ist allmählich versiegt, indem sie immer schmaler wurde, weshalb auch der Schweif bis zur Trennungsstelle an Breite beständig abnahm.

Unter den in den letzten Jahren sorgfältig photographierten Kometen hat der Komet 1893 IV Wolkenbildungen aufzuweisen, welche sich in der Schweifrichtung von ihm losgelöst haben. Diese Wolken verbleiben aber innerhalb des theoretischen Konoids und bewegen sich von Tag zu Tag auf ihren Bahnen mit Geschwindigkeiten, welche im Mittel zwölf geographische Meilen in der Sekunde betragen.

Unter den alten Kometen gibt es ebenfalls Fälle der Trennung des Schweifes in mehrere einzelne Stücke. Die Kurven, welche letztere mit dem Kopfe des Kometen verbinden, geben die durch die Theorie angezeigte Figur des Konoids.

Das Ausströmungsbüschel behält nicht immer eine unveränderliche Richtung in bezug auf den Radiusvektor; es können viele Beispiele angeführt werden, wo es Schwingungen vollzieht, welche in einigen Fällen eine gewisse Zeit hindurch unzweifelhaft periodisch waren.

Wollte man annehmen, daß die Ausströmung und der Schweif Lichterscheinungen seien, d. h. daß sie aus Lichtstrahlen mit deren Geschwindigkeiten bestehen, so könnte man gegen die Schwingungen, die wahrscheinlich von den Schwingungen des Kerns abhängen, nichts Besonderes einwenden; im Schweife könnte man aber bei der großen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen niemals diejenigen Formen konstatieren, deren Auftreten nur dank der mäßigen, im Vergleiche mit der Lichtgeschwindigkeit sogar sehr kleinen Geschwindigkeit der vom Kerne in den Raum sich fortbewegenden Schweifteilchen sich als möglich erweist.

Beim Kometen 1893 IV ist auf der Photographie vom 21. Oktober der in der Nähe des Kerns befindliche Teil des Schweifes konkav, und diese Konkavität ist im Sinne der Bahnbewegung nach vorn gekehrt; in der Mitte des Schweifes ist die Krümmung der Figur nach der entgegengesetzten Seite gewendet, und der Schweif liegt zugleich an dieser Stelle vor dem verlängerten Radiusvektor; gegen das Ende hin ist der Schweif wieder hinter den Radius abgelenkt. Diese Krümmungen beweisen schon, daß im sichtbaren Teile des Schweifes (auf der Photographie vom 21. Oktober) die Spuren dreier Schwingungen, welche in den vorhergehenden Tagen stattgefunden haben, nachgeblieben sind.

Beim Kometen 1862 III ist eine solche Welle auf der prachtvollen Zeichnung von Schmidt zu sehen. Dasselbe wurde beim Kometen 1894 II (Gale) beobachtet. Bei diesen beiden letzten Kometen

wurde die Figur noch durch eine äußerst interessante Erscheinung kompliziert, von der weiter unten die Rede sein wird, und welche noch besser diese Betrachtungen bestätigt.

In alten Kometenzeichnungen finden sich Schweife, welche ihrer ganzen Länge nach wellenförmig sind. Nach dem zu urteilen, was uns über die Kometenerscheinungen des 19. Jahrhunderts bekannt ist, muß man diesen Zeichnungen gegenüber mit wissenschaftlicher Kritik verfahren und darf sie nicht grundlos verwerfen.

Schmidt in Athen beobachtete einige Male mit größter Deutlichkeit die Knotenbildung beim Kometen 1862 III. Der Schweif war nicht lang, und seine Zweige kreuzten sich hinter dem Kerne derartig, daß sie zusammen mit dem Kopfe die Form des griechischen Buchstabens Gamma (γ) bildeten. Infolge der einige Male sich wiederholenden Ausströmungsschwingungen bewegten sich die Zweige bald gegeneinander, einen Knoten bildend, bald wieder auseinander, so daß der Knoten schweifabwärts sich bewegte. Es wiederholte sich somit die Gammaform einige Male nach einer bestimmten Anzahl von Tagen. In einer speziellen Abhandlung über diesen Kometen hat Prof. Bredichin mit Hilfe der aus den Beobachtungen abgeleiteten Schwingungsdauer, Anfangsgeschwindigkeit und Repulsionsgröße durch Berechnung und graphische Konstruktion die Entstehung dieser sonderbaren Schweiffigur erläutert.

In dem kleinen Schweife des Kometen 1894 II wurde ebenfalls, und zwar von M. Wolf, die Gammaform beobachtet. Es sind dieses die Komplikationen, von denen bei Erwähnung der wellenförmigen Struktur in diesem Kometen die Rede war. Die neue Theorie muß ähnliche Formen im Auge behalten, da in ihnen die ponderable Ausströmungsmaterie sich sowohl durch ein verschiedenes Gewicht der Teilchen, als auch durch verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten kundgibt.

Stellen wir uns noch eine Komplikation vor. Es möge die Ausströmungsmasse aus Stoffen von verschiedenem Molekulargewichte bestehen; letztere mögen noch eine Reihe sich wenig voneinander unterscheidender Größen, wie es sehr oft bei den Schweifen des 2. Typus der Fall ist, bilden. Teilchen von verschiedenem Gewichte besitzen, wie schon oben bemerkt, auch verschiedene Anfangsgeschwindigkeit und sind verschiedener Repulsionskraft unterworfen. Es möge ferner die Materie aus dem Kerne nicht in kontinuierlichem Strome entweichen, sondern stoßweise mit Unterbrechungen in Form einzelner Wolken, welche aufeinander nach solchen Zeitintervallen folgen, daß im Schweife selbst die Teilchen jeder Ausströmungswolke sich nicht mit den Teilchen der vorausgehenden und nachfolgenden Wolke mischen. Eine dem Kerne entströmte Wolke bildet um ihn eine runde Nebelhülle, welche darauf in den Schweif übergeht. In letzterem werden die Teilchen jeder Wolke von bestimmtem Gewichte, einen entsprechenden Stoffring geben; die Ringe leichterer Teilchen

werden während eines bestimmten Zeitintervalls sich am meisten vom Kerne entfernen, werden sich aber zugleich näher beim verlängerten Radiusvektor befinden; je schwerer die Teilchen sind, desto weniger werden sie sich in demselben Zeitintervall vom Kerne entfernen, und desto weiter werden sie hinter der Verlängerung des Radiusvektors des Kometen zurückbleiben. Das ganze System aller voneinander wenig abstehenden Stoffringe einer und derselben Ausströmungswolke bildet im Raume ein hohles Konoid, welches sich in einer zur Achse der allgemeinen Schweiffigur etwas geneigten Richtung befindet, und diese allgemeine Schweiffigur würde im Falle einer kontinuierlichen Ausströmung auftreten. Eine 2. Ausströmungswolke bildet ein zweites ähnliches Konoid usw. Die vordere und (im Sinne der Bewegung im Raume) nachfolgende Begrenzungslinie des ganzen Schweifes werden durch die vordern und nachfolgenden Enden der auf diese Weise gebildeten hohlen Konoide gehen. Ein jedes Konoid besteht aus Stoffen, welche den Kern zu gleicher Zeit verlassen haben; aus diesem Grunde kann es als ein Isochronengebilde bezeichnet werden. Die in einer bestimmten Richtung in demselben gezogenen Linien, unter anderem auch seine Achse, können »Isochronen« genannt werden, zum Unterschiede von den Kurven, welche durch Teilchen gehen, die den Kern in verschiedenen Momenten verlassen haben, jedoch von ein und derselben Kraft in Bewegung gesetzt werden, und welche deshalb »Isodynamen« genannt werden können.

Sind die Zeitintervalle zwischen den Auswürfen der einzelnen Wolken nicht groß genug, daß die Bildung einzelner, isochroner Konoide ermöglicht ist, so werden diese Konoide in größerem oder geringerem Maße miteinander zusammenfallen, und anstatt getrennter, hohler Konoide werden im Schweife je nach der Lichthelligkeit mehr oder weniger deutliche und mehr oder weniger verdichtete Isochronenstreifen auftreten.

Bei ein und demselben Kometen kann die Ausströmung eine Zeit kontinuierlich sein und darauf in Form mehr oder weniger getrennter, wolkenförmiger Gebilde auftreten usw. Es ist klar, daß auf Grund der Anzahl der einzelnen Isochronenkonoide im Kometen ein Schluß auf die Zahl der einzelnen, d. h. nach genügenden Zeitintervallen ausgeströmten Wolken gezogen werden kann.

Ein schönes Beispiel der Entwicklung einzelner, isochroner Konoide bietet der große Komet vom Jahre 1744. Er wurde von De Chéseaux, Kirch, De l'Isle und Heinsius sehr sorgfältig beobachtet und beschrieben, und diese Beobachtungen zeigen im Schweife dieses Kometen fünf völlig getrennte, hohle Konoide. Als Ergänzung zu diesem sind auf den Zeichnungen von Heinsius im Kometenkopfe 5 Ausströmungshüllen zu sehen, welche sich nacheinander in bestimmten Zeitintervallen bildeten, sich immer mehr und mehr vom Kerne entfernten und darauf in den Schweif übergingen.

Die isodynamen Konoide können ebenfalls bei einem bedeutenden Unterschiede zwischen den Gewichten der Teilchen, welche aufeinander sprungweise folgen, im Falle kontinuierlicher Ausströmung in einer gewissen Entfernung vom Kerne als einzelne, getrennte Konoide sich darstellen. Ihrer Lage in bezug auf den verlängerten Radiusvektor und ihrer Form nach unterscheiden sie sich jedoch von den isochronen Konoiden. Die Berechnung zeigt gleich, zu welcher Art Erscheinung eine beobachtete Bildung zu zählen ist.

Beim großen Kometen Donati (1858 VI) folgten die einzelnen Hüllen im Kopfe, d. h. die einzelnen wolkenartigen Ausströmungen der Materie, nach kleinern Zeitintervallen aufeinander, und die Folge davon war, daß auf einer bestimmten Ausdehnung des Schweifes Isochronenstreifen auftraten, deren Enden dem vordern, hellern Schweifrande einen etwas gezahnten Anblick verliehen. Man kann sich leicht die Möglichkeit noch größerer sichtbarer Komplikationen in der beobachteten oder photographierten Schweifstruktur vorstellen, wenn die oben einzeln betrachteten Bedingungen entweder gleichzeitig oder in einer gewissen Reihenfolge auftreten werden. Auch muß hier nochmals wiederholt werden, daß eine jede neue Theorie die beschriebenen charakteristischen Bildungen, welche eben auf die Verschiedenartigkeit der ponderablen Materie und auf mäßige Geschwindigkeiten im Raume hinweisen, nicht außer acht lassen darf.

Es könnten noch einige verhältnismäßig geringe Eigentümlichkeiten angeführt werden, welche sich direkt aus den Grundprinzipien der Bredichinschen Theorie ergeben.

Diese Theorie ist, wie im Anfange bemerkt, hauptsächlich eine mechanische, die unter gewissen Annahmen über die Kräfte und die Anfangsumstände der Bewegung, die Fortpflanzung ponderabler Teilchen im Raume und die hierdurch entstehenden Formen und die Lage des ganzen Ausströmungsbildes konstruiert. Die physische Ergänzung derselben gründet sich auf bekannte Analogien mit den elektrischen Erscheinungen, wie sie sich in den verdünnten Gasen und Dämpfen äußern. Es muß aufrichtig gewünscht werden, daß es der einen oder andern aus physikalischen Experimenten oder Betrachtungen hervorgehenden Theorie gelingen möge, die in Rede stehende physische Ergänzung genügend zu begründen und klar auseinanderzusetzen.

Da ferner aus den zahlreichen Beobachtungen eine lange Reihe von Zahlenwerten für die Repulsionskraft erhalten worden ist, so konnte die Theorie den Umstand nicht außer acht lassen, daß diese Werte von selbst sich in einige Gruppen einteilen ließen, welche durch die sie trennenden Zahlenlücken interessant sind. Gleichzeitig wies das Spektroskop in den Ausströmungen vom 2. Typus, bei dem die Repulsionskraft zahlenmäßig den weitesten Spielraum umfaßt, die Gegenwart bekannter chemischer Verbindungen — der Kohlenwasserstoffe, leichter Metalle usw. — nach. Der Analogie gemäß hat Prof. Bredichin eine Beziehung zwischen den maximalen Kraft-

größen und den kleinsten Gewichten der Molekeln bekannter Elemente angenommen.

Auf diese Weise mußte die größte Repulsivkraft des 1. Typus den Wasserstoffmolekeln zugeschrieben werden. Die Bildungen dieses Typus sind von so geringer Dichtigkeit, daß es als ganz natürlich ist, daß das Spektroskop bis jetzt nicht mit Genauigkeit die chemische Eigenschaft seines Stoffes feststellen konnte. Hieraus ist zu ersehen, daß die untere Grenze der Molekulargewichte und der Kraftgrößen viel genauer als die obere festgestellt ist. Die Analogie gibt hier nur einen Fingerzeig: für die maximale, durch die Berechnung der Beobachtungen gefundene Kraftgröße muß das minimale Atom- oder Molekulargewicht angenommen werden.

Wird die Voraussetzung gemacht, daß die Kometen in unser System kein unbekanntes Element mitbringen, so kann die Hoffnung geäußert werden, daß die Frage über die obere Stufe der erwähnten Skala in nicht sehr ferner Zukunft eine Lösung erlangen wird.

Die Frage, ob die Kometen zu uns aus den Sternenräumen oder aus den entfernten Gegenden unseres Systems kommen, oder Gruppen von ihnen an den Grenzen dieses Systems existieren, ist noch lange nicht gelöst, wenigstens nicht für alle Kometen. Können wir aber verbürgen, daß jenseits der Grenzen unseres Systems sich keine Elemente befinden, welche auf der Erde unbekannt sind? Die Spektrallinien der planetarischen Nebelflecke, d. h. der gasförmigen Nebelflecke erlauben es nicht, in dieser Hinsicht eine bestimmte Antwort zu geben.

Zuweilen wurde die Meinung geäußert, bei einer Stoffausströmung müsse der Komet an Größe abnehmen, was aber durch die Beobachtungen nicht bestätigt werde. Hier liegt jedoch ein bloßes Mißverständnis vor. In bezug auf jene Kometen mit großen Umlaufszeiten, bei denen die Ausströmung und die Schweifbildung sehr bedeutend waren, besitzen wir gar keine Anhaltspunkte, um über die Unveränderlichkeit ihrer Masse ein Urteil fällen zu können; es kann eher angenommen werden, daß sie mit der Zeit schwächer werden, wenn nicht an Masse, so jedenfalls doch in der Intensität der Schweifbildungen; aber auch die Masse muß um die in den Schweif ausgeströmte Materie geringer werden. Über die Kometen mit Umlaufszeiten von hundert und mehr Jahren muß dasselbe bemerkt werden. Für die kurzperiodischen Kometen endlich äußert sich der Massenverlust unter dem Einfluß verschiedener Umstände unzweifelhaft schon in ihrem Zerfallen in Meteore.

Ferner wird zuweilen noch darauf hingewiesen, daß die Ausströmung einer ponderablen Materie, welche vom Kometenkerne herausgeschleudert wird, von einer Reaktion auf den Kern begleitet sein muß, welche wiederum eine Änderung in der Bahn hervorrufen kann, daß aber eine ähnliche Reaktion sich in den Beobachtungen nicht erkennen lasse. Aus diesem Grunde hauptsächlich müsse die Theorie,

in der die Ausströmung einer ponderablen Materie eine Rolle spielt, durch eine Theorie der Lichterscheinungen ersetzt werden.

Bessel hat bekanntlich Formeln abgeleitet, welche die thoretische Wirkung der Ausströmungsreaktion auf die Elemente der Kometenbahn darstellt. Die Zahlengröße solcher Perturbationen der Elemente hängt natürlich von dem Verhältnis der ausgeworfenen Masse zur ganzen Masse des Kometen ab, welches jedenfalls infolge der äußersten Verdünnung der Schweifmaterie sehr gering sein muß.

Um derartige äußerst geringe Störungen mit Hilfe der Beobachtung nachweisen zu können, ist eine sehr genaue Kenntnis der Kometenbahn erforderlich, wobei alle störenden Wirkungen der Planeten streng berücksichtigt werden müssen. Nun ist aber für Kometen mit sehr langen Umlaufszeiten, deren Bahnen aus einem kleinen Bogen und für einen Umlauf bestimmt sind, und unter denen sich gerade Exemplare mit glänzenden Schweifentwicklungen befinden, und sogar auch für die langperiodischen Kometen die Bahn nicht mit der hierzu erforderlichen Genauigkeit bekannt. Besser sind die Bahnen der kurzperiodischen Kometen bekannt; leider ist aber bei diesen Kometen die Kraft, welche die Ausströmung und die Schweife erzeugt, verhältnismäßig fast gänzlich versiegt, wenn sie überhaupt in bedeutendem Grade jemals existiert hat. Das scheinbare Fehlen der erwähnten Reaktion läßt sich daher nicht als ein Beweis für oder gegen irgend eine Theorie der Schweifbildung ausnutzen.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Sternschnuppenhäufigkeit. Auf Veranlassung von Prof. Elkins hat Prof. Wolf in Heidelberg alle dortigen Platten, die in den Monaten August und September gemacht sind, auf Sternschnuppen hin absuchen lassen. Es wurden in den 13 Jahren von 1890—1902 im ganzen mit den verschiedenen kurzbrennweitigen Linsen 369 Aufnahmen mit 625.5 Stunden Belichtung gemacht. Auf allen diesen vielen Aufnahmen fanden sich nur neunzehn verschiedene Sternschnuppen photographiert. Im Durchschnitte kann man nach Wolfs Erfahrungen annehmen, daß jede Sternschnuppe 4. Größe noch photographiert wird. Das Gesichtsfeld der Platten beträgt im Durchschnitte 100 Quadratgrad. Der ganze Himmel hat 41 253 Quadratgrad Oberfläche; 100 Quadratgrad bilden also rund den 413. Teil des Himmels. Der 413. Teil des Himmels ist in Heidelberg 625 Stunden lang photographiert worden, und dabei wurden 19 Sternschnuppen erhalten. Auf eine Stunde und den ganzen Himmel kämen daher rund 13 Sternschnuppen und auf den Tag 301. Diese Abzählung hätte demnach erwiesen, daß an einem Tage an dem ganzen Himmel 301 Sternschnuppen vierter oder hellerer Größe (im August und September) zu fallen pflegen.

Bahnbestimmung des Meteors vom 27. Februar 1901. Die Bahn dieses um 7^{h} 18.5^{m} mittlerer Wiener Zeit besonders in den östlichen Alpenländern und benachbarten Gebieten bis nach Ungarn und Galizien wahrgenommenen Meteors hat Prof. Dr. G. v. Nießl mit Benutzung der Angaben aus 22 Beobachtungsorten abgeleitet. Die betreffenden Nachrichten gelangten zumeist infolge eines Aufrufes an die k. k. Wiener Sternwarte und wurden dann durch weitere Anfragen und Messungen tunlichst ergänzt.

Der Radiationspunkt der geozentrischen scheinbaren Bahn befand sich im Sternbilde des Kleinen Löwen, in $157.2^{\circ} \pm 2.3^{\circ}$ Rektaszension und $23.6^{\circ} \pm 1.6^{\circ}$ nördl. Deklination. Die Bahn war gegen den Horizont des Endpunktes aus dem Azimut 265.3°, also sehr nahe von O her gerichtet und 28.2° geneigt. Das Aufleuchten wurde frühestens in einer Höhe von 110.7 *km* über der Gegend südlich von Birkfeld in Steiermark nachgewiesen. Von hier ging die Bahn 11 *km* südlich an Bruck a. d. M. vorbei, über Möderbruck im Pölstale, über die Ober-Zeiringer und Sölker Alpen bis zum Hocheck, südwestlich vom Hochgolling, wo das Meteor in 31.7 *km* Höhe erlosch. Detonationen wurden nicht gemeldet, die Lichtstärke war jedoch ziemlich bedeutend.

Aus 26 Dauerschätzungen konnte mit Sicherheit festgestellt werden, daß die geozentrische Geschwindigkeit nicht unter 38 *km* betragen hatte, woraus auch für diese Erscheinung wieder eine heliozentrische Bahn hervorgeht, welche ausgeprägt hyperbolischen Charakter zeigt. Der nachgewiesene Radiationspunkt stimmt mit dem aus Sternschnuppenbeobachtungen in nahe gelegenen Epochen abgeleiteten ungefähr überein.

Die große Feuerkugel vom 16. November 1902 ist Gegenstand spezieller Untersuchungen durch Dr. F. Koerber geworden.

Hiernach war dieselbe sichtbar auf einem Areal, das durch das Fünfeck Groningen — Naugard i. Pr. — Starkenbach (Böhmen) — Frankfurt a. M. — Nimwegen begrenzt ist. Wie die meisten hellen Meteore hat auch diese Erscheinung bei vielen Beobachtern die Illusion unmittelbarer Nähe der Flugbahn und des Niedergangspunktes zur Folge gehabt. Vermeintliche Überreste des Meteors wurden nicht nur aus Steglitz eingesandt, während gleichzeitig ein Beobachter in Karlshafen a. Weser die Feuerkugel vor den Wipfeln dortiger Bäume und ein anderer in Zellerfeld a. H. vor einem Bergzuge gesehen zu haben meinte. Diese mit großer Bestimmtheit ausgesprochenen Behauptungen wurden nach Eintragung sämtlicher beobachteter Azimute des Hemmungspunktes in eine Landkarte durchweg als auf Täuschung beruhend erkannt. Die Richtungslinien konvergierten nach der Gegend von Marburg a. L., und Dr. Koerber legte deshalb der weitern Bahnbestimmung als Koordinaten des Hemmungspunktes

die Werte $\lambda = 26^0\ 14'$ östl. v. Ferro, $\varphi = 50^0\ 48'$ zurunde, die etwa dem Dorfe Gladenbach bei Marburg entsprechen. Leider waren aus Marburg selbst keine zuverlässigen Angaben zu erlangen, die das angegebene Resultat hätten bestätigen können.

Zur Ermittlung der Höhe des Hemmungspunktes konnten Höhenschätzungen und Beziehungen auf einige, bereits sichtbare Sterne (namentlich Jupiter und Saturn) aus sechzehn verschiedenen Orten verwendet werden. Es ergab sich für die Höhe des Hemmungspunktes der Wert: $= 60.1 \pm 7.9$ *km.*

Zeigt sich schon hier ein ungewöhnlich großer, wahrscheinlicher Fehler, so konnte die Genauigkeit bei der Ermittlung des Radiationspunktes ebenfalls nur eine sehr geringe sein. Es ergab sich als definitives Resultat für den scheinbaren Radiationspunkt:

$$a = 39.3^0 \pm 5.6^0,\ \delta = +\ 32.2^0 \pm 0.8^0.$$

Dieser Punkt hatte zur Zeit des Meteorfalles vom Hemmungsort aus das Azimut 247° und die Höhe 24°, so daß danach in Übereinstimmung mit vielen, sonst nicht zur Ermittlung des Radiationspunktes benutzten Berichten der Flug der Feuerkugel etwa in der Linie Wittenberg—Marburg bei einer Neigung von 24° nach abwärts erfolgte.

Der oben gefundene Radiationspunkt liegt nur 15° von demjenigen der früher am 27. November mehrmals in großer Zahl erschienenen Sternschnuppen entfernt, welche die Überreste des Bielaschen Kometen darstellen. Deren Radiant würde sogar der Berliner Beobachtung (senkrechte scheinbare Bahn) noch besser genügen, als der oben angegebene. Dr. Koerber hält es daher bei der Unsicherheit aller übrigen Einzelbeobachtungen für sehr wahrscheinlich, daß die Feuerkugel vom 16. November mit dem Bielaschen Kometen zusammenhängt, zumal das Zusammentreffen der Bieliden mit der Erde sich nach neuern Berechnungen von Berberich, Abelmann u. a. infolge von Störungen seitens des Jupiter auf den 17. November verschoben haben soll.

Die Dauer der Sichtbarkeit der Feuerkugel wird fast in allen Berichten auf 3—4 Sekunden geschätzt; Koerber nahm aus 23 verschiedenen Angaben den Mittelwert von 3.3 Sekunden an. Die lineare Länge der Flugbahn fand sich im Mittel zu 183 *km* und demnach die Geschwindigkeit zu 55.5 *km.*

Für die Höhe, in welcher die Feuerkugel vom 16. November sichtbar geworden ist, fand sich unter Zugrundelegung der Bahnlänge von 328 *km* der Wert von 200 *km.* Eine Detonation ist an den meisten, in der Nähe des Hemmungspunktes gelegenen Beobachtungsorten nicht bemerkt worden, was bei der verhältnismäßig großen Höhe des Hemmungspunktes nicht verwunderlich ist. Die einzigen, in dieser Hinsicht ernstlich in Betracht zu ziehenden Angaben sind: in Brilon »nach 5—10 Minuten« ein ferner Knall, in Höxter

»nach ungefähr 5 Minuten« zwei kanonenschußartige Geräusche. Da der Hemmungspunkt rechnungsmäßig von Brilon 109 *km* und von Höxter 157 *km* entfernt war, so müßte der Schall Brilon nach etwa $5^1/_2$ Minuten, Höxter nach etwa 8 Minuten erreicht haben, was mit den obigen Angaben hinreichend stimmt.

Was die äußere Erscheinung der Feuerkugel betrifft, so ist zunächst deren außerordentliche Helligkeit bemerkenswert. Dieselbe rief trotz der noch intensiven Dämmerung Schattenwirkungen hervor. — Die Farbe der Lichterscheinung wird meist als grünlich-weiß, mitunter auch als blau-weiß bezeichnet. Die Gestalt des Lichtkörpers war birnförmig, sein Durchmesser wurde in Hamburg auf etwa 15 Minuten geschätzt. Ferner wird von den meisten Beobachtern übereinstimmend und mit Nachdruck ein zweimaliges Aufleuchten, resp. zweimalige Explosion konstatiert. Nach Zurücklegung von $^2/_3$ ihres ganzen Weges stand die Kugel scheinbar einen Moment still, und es lösten sich zahlreiche grüne Teile explosionsartig ab, der Hauptkörper flog nun noch weiter und zeigte schließlich beim Verlöschen eine nochmalige Auflösung in viele kleine Teile. Der Schweif wurde in der Regel noch 3—4 Sekunden lang gesehen.

Zum Schluß erwähnt Dr. Koerber, daß an demselben Abend um $7^h\ 2^1/_2{}^m$ bei Hämerten in Hannover noch ein zweites, sehr helles Meteor beobachtet worden ist, über dessen Bewegung jedoch nichts ermittelt werden konnte.

Das Meteoreisen von N'Goureyma im Sudan. Über dasselbe macht E. Cohen nähere Mitteilungen:[1]) Dieser am 15. Juni 1900 im Sudan bei N'Goureyma niedergefallene Meteorit im Gewichte von $37^1/_2$ *kg* besitzt ungefähr die Gestalt eines Tropfens oder einer flachen keilförmigen Masse von $57^1/_2$ *cm* Länge und 28 *cm* größter Breite. Der Keil spitzt sich nach beiden Enden zu, so daß das scharfe $3^3/_4$ *cm* und das stumpfe 14 *cm* breit ist. Zwischen 1 und 9 *cm* Dicke variierend, wird die Masse so dünn, daß sie faktisch nur von 2 Flächen begrenzt ist, die sich an einer ziemlich scharfen Kante treffen; die eine Fläche ist bedeutend konvexer als die andere. Aus ihren Besonderheiten erkennt man, daß der Meteorit deutlich orientiert gewesen, und zwar bildet die flachere Seite die Rücken-, die gekrümmtere die Stirnseite. Auf der erstern sind die Eindrücke flacher, größer und meist in die Länge gezogen, die Kanten abgerundet, die Oberflächen glatter, die Rinde weniger uneben und etwas heller mit schärfer zugespitzten Hervorragungen, als auf der Stirnseite, welche ihrerseits feinere und zahlreichere Driftwirkungen aufweist und eine isolierte, tiefe Höhlung an dem schildförmigen Teile besitzt.

Diese Unterschiede sind durch die Orientierung während des Fluges durch die Luft bedingt und verständlich; die schildförmige

[1]) American Journal of Science 1903 p. 254. Naturwiss. Rundschau 1903 p. 381.

Masse bewegte sich mit exzentrischem Apex, unter spitzem Winkel zur Bewegungsrichtung geneigt, durch die Luft. Das Vorkommen der Driftspuren auf beiden Seiten, wenn auch an der hintern viel seltener und unregelmäßiger, das, wie es scheint, früher noch nie beobachtet war, ist nur durch diese schiefe Stellung während des Fluges durch die Luft zu verstehen. Wegen der Schlankheit des Meteors ist es höchst wahrscheinlich, daß seine ganze Masse geschmolzen oder wenigstens stark erweicht gewesen, daraus erklären sich nicht allein die Eigentümlichkeiten seiner äußern Gestalt, sondern auch die seiner innern Struktur.

Eine sehr ausgesprochene Eigenheit des N'Goureyma-Meteoriten ist die ungeheure Anzahl kleiner Troilite, ihre regelmäßige Anordnung und gleichmäßige Verteilung; auf Schnitten parallel zur Länge bilden sie meist Nadeln von $1^1/_2$—11 *mm* Länge, während sie auf senkrechten Schnitten ihre stets verschieden gestalteten Querschnitte zeigen. Die gleichmäßige parallele Anordnung der Troilite ähnelt sehr der fluidalen Struktur der irdischen Gesteine. Wie ungewöhnlich groß ihre Zahl, beweist, daß auf einer Fläche von 12 *qcm* 150 Troilite gezählt wurden; nach den spitzen Enden des Meteoriten nimmt aber ihre Zahl stark ab. Schreibersit ist auf den Schnitten ganz ungewöhnlich selten.

Nicht geätzte Querschnitte zeigen, daß der Meteorit zu der verhältnismäßig seltenen Gruppe von grobkörnigem Eisen gehört. Beim Ätzen erscheinen glänzende Platten, die wie Widmanstättensche Figuren aussehen; unter dem Mikroskop erkennt man aber, daß keine Lamellen vorhanden sind, sondern reihenförmig angeordnete Körnchen, die besser reflektieren als der Rest des Nickeleisens; diese Eigentümlichkeit scheint in keinem andern Eisenmeteoriten vorzukommen. Dr. Cohen vermutet, daß das Meteor ursprünglich ein grobkörniger Oktaedrit, wie Zacatecas, gewesen; in der Atmosphäre bis zu oder nahe dem Schmelzpunkte erhitzt, konnte Ni-reiches Eisen bei dem sehr schnellen Abkühlen wegen seiner Dünnheit nicht normal kristallisieren und auch keine Lamellen, sondern die sehr feinen Flitter bilden, welche sich parallel den oktaedrischen Ebenen anordneten, während der Rest zu einem kompakten plessitähnlichen Nickeleisen erstarrte.

Die Analyse des Meteoriten ergab folgende prozentische Zusammensetzung: Nickeleisen 97,28; Schreibersit 0,32; Troilit 1,75 Daubreelit 0,30; Lawrencit 0,02; Chromit 0,09; zersetzte kieselige Körner 0,24. Das spezifische Gewicht ist 7,672.

Die Meteoritenfälle in Europa, Kleinasien und den afrikanischen Küstengebieten des Mittelmeeres. Eine überaus sorgfältige und umfassende Zusammenstellung aller Nachrichten über die auf obigen Gebieten stattgefundenen Meteoritenfälle hat H. Borwitz gegeben.[1]) Sie folgt hier, geordnet nach den Ländern der Fundorte.

[1]) Gaea 1903. p. 265, 340.

Iberische Halbinsel, Portugal und Spanien

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
	Nach Christo		
1	60	—	Kantabrien
2	1300 etwa	—	Aragonien [1]
3	1438	Am Tage	Roa am Duero bei Burgos, Kastilien
4	1520 Mai	—	Zwischen Oliva und Gandia, Aragonien
5	vor 1603	—	Valencia
6	1704 Dezember 24	$5^h 8^m$ vorm.	Barcelona, Katalonien
7	1749 November 4	12^h nachts	Südlich vom Kap Finisterre, am Bord eines Schiffes [2]
8	1773 November 17	12^h mittags	Sena bei Sigena, Aragonien
9	1796 Februar 19	—	Tasquinha, NO von Evoar, Alemtejo (Portugal)
10	1805 März	—	Burgos, Kastilien
11	1811 Juli 8	8^h nachm.	Berlanguillas bei Aranda, Alt-Kastilien
12	1825 Juli 5	2^h nachm.	Torricellas dal Campo, Alt-Kastilien
13	1842 Juli 4	—	Barea, Logroño, Alt-Kastilien
14	1850 Juni 22	11^h vorm.	Proaza bei Oviedo, Asturien
15	1850 September	—	Barcelona, Katalonien [3]
16	1851 November 5	$4-5^h$ nachm.	Zwischen Nulles und Vitabella, Katalonien [4]
17	1856 August 5	11^h vorm.	Oviedo, Asturien
18	1858 Dezember 24	—	Molina, Murcia
19	1861 Mai 14	1^h nachm.	Canellas, Villa nova bei Barcelona
20	1862 Oktober 1	—	Sevilla, Andalusien [5]
21	1866 Dezember 6	—	Elgueras, Cangas de Onis, Oviedo, Asturien [6]
22	1870 August 18	—	Cabezzo de Mayo, Murcia
23	1871 (Frühjahr) oder 1872 Dez. 10	—	Roda Huesca, Aragonien [7]
24	1883 gefunden	—	Sao Julião de Moreira, Ponte Lima, Portugal
25	1892 Juli 20	$10-11^h$ vorm.	Guarenna bei Badajos, Estremadura
26	1893 Januar 2	$4^h 30^m$ nachm.	Olivarès am Duero, Valladolid [8]
27	1896 Februar 10	$9^h 30^m$ vorm.	Madrid und Umgebung [9]
28	1896 April, vor d. 29	—	Meerenge von Gibraltar in das Meer
29	1898 August 1	9^h nachm.	Quesa, Spanien
30	1900 August 24	—	Val, Jaen

Frankreich

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	Zwischen 1—50	—	Im Lande Vacontien, Gegend von Die
2	585 Oktober 28	—	Frankreich, wo? [10]
3	944	—	Frankreich, wo? [11]

[1] Vom Himmel gefallener Stein von der Größe eines Fasses. — [2] Zersplitterte am Bord eines Schiffes den Mast und warf 5 Matrosen nieder; nach Kesselmeyer vielleicht nur Blitz, weil kein Stein gefunden. Kap Corrubedo? — [3] Angeblicher Steinfall nach Greg. — [4] Kesselmeyer schreibt: Saragossa, Aragonien, am 5. Nov. 1851. — [5] 1. Oktober nach Brezina, 1. November nach Rohe, — [6] Dezember 6 nach Brezina und Wülfing, November 30 nach »Sirius«, Greg, Deichmüller. — [7] »Sirius«: 1872, Dezbr. 10, Brezina Frühjahr 1871, Wülfing desgleichen. — [8] Nach »Matin« wahrscheinlicher Meteoritenfall mit Detonation und Erschütterung. — [9] Unter furchtbarer starker Erschütterung und Detonation mehrere kleine Steine. — [10] Eine Feuerkugel fiel mit großem Geräusche zur Erde. — [11] Verursachte Brand.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
4	1011	—	In Burgund [1]
5	1094 April 4	—	Frankreich, wo? [2]
6	1190	—	Clermont, Oise u. Compiegne bei Beauvais [3]
7	1198 Juni (Juli 8)	—	Zwischen Chelles und St. Georgas de Levejac, Seine et Oise [4]
8	1540 April 28	—	Les Eglises, Haute Vienne
9	1560 Dezember (November) 24	$11-12^h$ vorm.	Lillebonne bei Hâvre, Seine inferieure [5]
10	1600 gefunden	—	La Caille, Grasse, Alpe maritimes [6]
11	1618 März 7	1^h vorm.	Paris [7]
12	1634 Oktober 27	8^h vorm.	Charollais, Saone et Loire
13	1637 November 27	10^h vorm.	Mont Vaisien, unweit Nizza
14	1721 Juni 3	—	Lessay, Contance, La Manche
15	1738 Oktober 18	$4^h 50^m$ nachm.	Carpentras bei Avignon, Vaucluse
16	1740 Febr. 23 (29)	3^h vorm.	Bei Toulon in das Meer
17	1750 Oktober 11 (1)	$12-1^h$ nachm. mittags	Nicor bei Contances, La Manche
18	1753 September 7	1^h nachm.	Luponnas bei Pont de Vesle, de l'Ain
19	1755 (1756) Nov. 4	$3-4^h$ nachm.	Bourbonnais [8]
20	1759 Juni 13	9^h nachm.	Captieux bei Bazas, Gironde [9]
21	1761 Nov. 11—12	$4^h 45^m$ vorm.	Chamblons, Cote d'or
22	1768 September 13	$4^h 30^m$ nachm.	Lucé en Maine, Sarthe
23	1768	—	Aire en Artois, Pas de Calais
24	1790 Juli 24	$8^h 30^m$ nachm. (9^h nachm.)	Barbotan u. a. Orten, Landes
25	1798 März 8 (12)	$6^h 30^m$ nachm.	Salles bei Lyon, Rhône
26	1803 April 26	$1-2^h$ nachm.	L'Aigle, Evreux, Orne [10]
27	1803 Oktober 8	10^h vorm.	Saurette, Apt, vaucluse
28	1805 November 1	Am Tage	Asco auf Korsika
29	1806 März 15	$5^h 30^m$ nachm.	Alais bei St. Etienne de Lolm und Valence, Gard
30	1810 September	—	Chartres, Eure et Loir
31	1810 November 23	$1^h 30^m$ nachm.	Charsonville, Boisfontaine, Meung, La Touanne Loiret
32	1812 April 10	$8^h 15^m$ nachm.	Burgau bei Toulousse und Prodere, Haute Garonne
33	1812 August 5	$2-3^h$ vorm.	Chantonnay bei Nantes, Vendée
34	1814 September 5	kurz vor 12^h mittags	Mouchar bei Agen und Le Temple, Lot et Garonne
35	1815 Oktober 3	8^h vorm.	Chassigny, Haute-Marne
36	1816	—	Confolenz a. d. Vienne, Charente
37	1817 November 17	—	Provence
38	1818 Februar 15	$5^h 26^m$ nachm.	Limoges, Haute-Vienne
39	1819 Juni 13	$6^h 15^m$ vorm.	Jonzac u. Barbezieux, Charante-Inferieure
40	1821 Juni 15	$3-4^h$ nachm.	Juvinas bei Aubenas, Ardèche [11]
41	1822 Juni 3	$8^h 20^m$ nachm.	Angers, Maine et Loire

[1]) Fielen Steine nach Schnurrer. — [2]) Unter vielen Sternschnuppen fiel eine zu Boden, begossen zischte sie. — [3]) Entstand Brand. Raben mit glühenden Steinen. — [4]) Steine gefallen nach Lycosthenes. — [5]) Angeblich ein Pulvermagazin anzündend. — [6]) cfr. 1828. — [7]) Verursachte Brand im Justizpalast. — [8]) Angeblich ein Stein, welcher mit Getöse in einen Sumpf fiel. — [9]) Brand. — [10]) 2000—3000 Steine, an einzelnen Stellen hageldicht mit furchtbarer Detonation. — [11]) Nach Buchner: weniger richtig Juvenas.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
42	1822 Juni 21	—	Clohars, Touesnant
43	1822 September 13	7^h vorm.	La Baffe bei Epinal, Vogesen
44	1825 gefunden	—	Bois-de-Fontaine, Meung, Loiret
45	1826 Mai 25.	—	Monts Galapian, Agen, Lot et Garonne
46	1828 gefunden	—	La Caille, NW von Grasse, Alpes maritimes [1]
47	1831 Mai 13 (Juli 18)	geg. Mitternacht	Voinllé bei Poitiers, de la Vienne [2]
48	1835 (1836) Jan. 31	1^h nachm.	Mascombes, Corrèze
49	1835 November 13	9^h nachm.	Belmont, Simonod, Ain [3]
50	1836 Februar 12	$6^h\,30^m$ nachm.	In einem Sumpfe bei Orval, Constance, Mance
51	1836 September 14	3^h nachm.	Aubres, Nyons, Drôme
52	1837 März 28	—	Lons-le-Saunier, Jura [4]
53	1837 August	—	Esnandes, Charente inférieure
54	1838 Juli 22	Am Tage	Montilivault, Loire et Cher
55	1840 August 3	—	Tamaville bei Volognes, La Manche
56	1841 Februar 25	3^h nachm.	Les Bois-aux-Roux b. Chanteloup, de la Manche [5]
57	1841 Juni 12	$1^h\,30^m$ nachm.	Triguères, Château-Renard, Loiret
58	1841 September 6	—	St. Christophe la Chartreuse, Vendée [6]
59	1841 November 5	—	Roche-Servière bei Bourbon, Vendée [6]
60	1841 November 13	—	Von Bethuns aus gesehen, stürzte ein Meteor in den Pas-de-Calais [7]
61	1842 Juni 3 (4)	$9^h\,5^m$ nachm.	Aumières, Lozère [8]
62	1842 November 18	—	Montierender bei Vendome, Loir et Cher [9]
63	1842 Dezember 5	$5^h\,30^m$ vorm.	Eaufromont bei Epinal, Vogesen [10]
64	1844 Oktober 21	Zwisch. $6^h\,30^m$ und 7^h vorm.	Favars, Laissac, Dep. Aveyron
65	1845 Januar 25	3^h nachm.	Le Pressoir, Louans, Indre et Loir
66	1845 Juli 14	3^h nachm.	La Vivionnière, Teilleul, de la Manche
67	1846 Januar 16	$5^h\,45^m$ nachm. (3^h nachm.)	Bei Chalons sur Saone, Saone et Lois [11]
68	1846 März 22	3^h nachm.	St. Paul bei Bagnères-de-Luchon, Haute Garonne [12]
69	1848 Juli 4	—	Montignac, Aveyron, Marmande, Lot et Garonne [13]
70	1849 Juni 16	$6-7^h$ nachm.	Paris [14]
71	1851 Sommer	—	Quinçay, Poitiers, Vienne
72	1853 Mai 4	—	Géanges, Marne [15]
73	1857 Oktober 1	$4^h\,45^m$ nachm.	Les Osmes, Joigny, Yonne [16]
74	1857 November 2	$4^h\,45^m$ nachm.	Charny, Yonne [17]

[1] cfr. 1600. — [2] Nach Kesselmeyer Juli 18, ebenso nach Buchner mit Zusatz, nach dem Kataloge des Pariser Museums, Meunier. Nach Brezina Mai 13. — [3] Verursachte Brand eines Strohdaches. 2 Steine gefunden. — [4] Angeblicher Fall. — [5] Verursachte Brand. — [6] Nach Brezina: September 6 Nr. 58. Beide wohl identisch, trotz des verschiedenen Datums. Nach Wülfing November 5 Nr. 59. — [7] Eine ungeheure Feuerkugel fiel mit Getöse in das Meer. Buchner und Kesselmeyer 1841, Greg 1842. — [8] Buchner: Juni 4, Brezina und v. Boguslawki: 3. Juni. — [9] Verursachte Brand. — [10] Das Meteoreisen wurde erst im Sommer 1851 gefunden. Nach Buchner. — [11] Feuersbrunst. — [12] Brand. — [13] Nach Buchner befinden sich Bruchstücke im Britischen Museum. — [14] Angeblicher Steinfall, soll in ein Haus eingeschlagen haben. — [15] Nach Webers illustr. Kalender. Nirgend wo anders gefunden. — [16] Nach Brezina, Kesselmeyer u. Buchner. Heis Wochenschr. 1857 führt einen Fall 1857 Aug. 5 bei Ormes, Bez. Charlesant, Vienne auf. — [17] Vielleicht mit obigem Falle identisch.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
75	1858 Dezember 9	$7^h\ 5^m$ vorm.	Aussun, Montréjean a. d. Garonne, Haute Garonne [1])
76	1859 März 12	—	Castillion, Gironde
77	1859 Mai	3^h nachm.	Bueste, Pau, Pyrénées
78	1861 Februar 14	$6^h\ 30^m$ nachm.	Tocané, St. Apré, Dordogne [2])
79	1864 Januar 10	9^h nachm.	Bei Brest [3])
80	1864 Mai 14	8^h nachm.	Orgueil, Tarn et Garonne
81	1864 September 9	$12^h\ 12^m$ mittags, nachm.	Tarbes, Pyrénnées Hautes [4])
82	1865 Mai 4	$9^h\ 30^m$ nachm.	Vernicourt bei Nolay, Cote d'or [5])
83	1866 Mai 30	$3^h\ 45^m$ vorm.	St. Mesmin, Troyes, Aube
84	1868 Juli 11	11^h nachm. (?)	Zwischen Ornans und Salins, Doubs
85	1868 Septbr. 7 (6)	$2^h\ 30^m$ vorm.	Sanguis-St. Etienne, Basses Pyrénées
86	1869 Mai 22	$9^h\ 15^m$ nachm.	Kernonve, Cleguerec, Bretagne
87	1871 Juni 14	8^h nachm.	Laborel, Drôme, Isère
88	1871 November	—	Bei Monterean, Seine et Marne [6])
89	1872 Juli 23	$5-6^h$ nachm.	Lamie b. Vendome, Loire et Cher [7]) Lancé, Authon, Orléans [8]) Nachher gefunden: de Saint Armand [9])
90	1874 November 26	$10^h\ 30^m$ vorm.	Kerilis, Callas, Côtes du Nord
91	1875 Februar 10	$5^h\ 45^m$ nachm.	Insel Oleron, Vendée
92	1875 März 9	8^h nachm.	Orleans, Loiret
93	1875 September	—	Mornans, Bordeanx, Drôme
94	1877 Juni 14	$8^h\ 45^m$ nachm.	Chiermont, Enjoulême, Bordeaux [10])
95	1879 Januar 31	$12^h\ 30^m$ mittags, nachm.	La Bécasse, Dun le Poëlier
96	1883 Januar 28	$2^h\ 45^m$ nachm.	Saint Caprais de Quinsac, C. Creon, Gironde
97	1885 August 10	4^h vorm.	Grazac b. Issingeaux, Haute Loire [11])
98	1892 Februar 29 oder März 1	—	Grazac und Montpelegry, Tarn [12]) Grande-Metaire b. Bourgos [13]) Plaimpied b. Bourgos [14])
99	1897 April 14	11^h nachm.	Vierville, Caen, Caldaros [15])
100	1897 Juni 20	—	Lançon, Bouches, du Rhône
101	gefunden	—	Luchon in den Pyrenäen [16])
102	1900 September 7	11^h nachm.	Calvi auf Korsika
103	1901 März 17	—	Kerbriand, Bretagne

Großbritannien und Irland

Lauf. Nr.	Zeit	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1360	—	Yorkshire
2	gefunden	—	Dunsinnan, Schottland [17])

[1]) 2 Steine, von denen der eine auf das Strohdach eines Hauses fiel. — [2]) Nach Wülfing wohl Pseudometeorit. — [3]) Detonierende Feuerkugel mit angeblichem Meteoritenfalle. [4]) Sehr heftig detonierendes Metoor, das über Pau Pyrénées platzte mit wahrscheinlichem Niederfalle von Meteoriten. — [5]) Feuersbrunst. — [6]) Nach Flight Steinfall, nach »Comptes rendus« angeblich Meteoritenfall. — [7]) Nach Buchner 1873 Juli 13. — [8]) Nach Brezina. — [9]) Fortschritte der Physik. (4, 5 und 6 gehören wohl zusammen, wohl verschiedene Lokalitäten?) — [10]) Große detonierende Feuerkugel, von Nießl. etc. »Sirius« 1878: Viele Steine fielen im Osten Frankr. — [11]) 20 Steine gesammelt, ein Getreideschober wurde in Brand gesteckt. — [12]) Nach Meunier. — [13]) Nach »Matin«. Verursachte Brand einer Scheune. — [14]) Nach »Soleli«. Verursachte Brand einer Scheune. — [15]) Nach der Vossischen Zeitung und »Fortschritte der Physik«. Unter starker Detonation fiel ein 792 *g* schwerer Stein in einen Wassertrog, war so heiß, daß er das Wasser zum Verdunsten brachte. Fensterscheiben zersprangen. — [16]) Nach E. Cohen eine harzige Masse, die L. Meunier für meteorischer Natur hält. — [17]) Stein, der in den Ruinen von Macbeths Schloß gefunden sein soll.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
3	1622 Januar 10	3^h nachm.	Tregony, Cornwall
4	1628 April 9 (März)	5^h nachm.	Vlat-ford bei Farington, Berkshire
5	1642 August 4	$4^h\ 30^m$ nachm.	Bei Woodbridge, Suffolk
6	zwisch. 1675 u. 1677	—	Bei der Insel Copinska, Orkaden[1]
7	1680 Mai 18	—	Bei Gresham, London[2]
8	1723 gefunden	—	Cornwall[3]
9	1725 Juli 3	—	Mixbury, Bicester, Oxfordshire
10	1731 März 12	$1—2^h$ mittags nachm.	Halstead, Colchester, Essex
11	1732 August 15	$11—12^h$ mittags, vorm.	Springfield b. Chelmsford, Essex
12	1755 (1756) Jan. 2	4^h nachm.	Tuam, Galway, Irland
13	1755 Mai 19	—	Malow, Cork, Irland[4]
14	1755 Oktober 20	$3—4^h$ nachm.	Insel Jetlow
15	1779	—	Hügel Pettiswood, Mullinger, Westmeath, Irland[5]
16	1780 April 11	9^h nachm.	Beeston, Nottinghamshire
17	1783 August 18	$9^h\ 15^m$ vorm.	Shetland Inseln[6]
18	1791 Oktober 20	—	Monabilly bei Lauceston, Cornwall[7]
19	1795 Dezember 13	$3^h\ 50^m$ nachm.	Wold-Cottage, Yorkshire
20	1800 April 1	VorMitternacht	Steeple-Bumstead, Ipswich, Essex[8]
21	1801 Oktober 23	7^h nachm.	Bury St. Edmunds, Colchester, Essex[9]
22	1802 Septbr. Mitte	—	Loch-Tay, Schottland
23	1803 Juli 4	—	East-Norton, Leicestershire[10]
24	1804 April 5	$11—12^h$ vorm.	High-Possil, Glasgow, Schottland
25	1806 Mai 17	—	Basingstoke, Hantshire
26	1810 August 10	$11^h\ 30^m$ vorm.	Mooresfort, Tipperary, Irland
27	1813 Juli bis August	1^h nachm.	Malpas bei Chester, Chestershire
28	1813 September 10	$8—9^h$ vorm. (6^h vorm.)	An verschied. Orten d. Grafschaft Limerick, wie Adare, Faha Scouph, Brasky Irland
29	1813	—	Pulrose, Insel Man
30	1816 Juli bis Anfang August	—	Glastlebury, Somerset, Südschottland (Glastonbury)[11]
31	1820 gefunden	—	Lead-Hills, Glasgow
32	1821 Juni 21	—	Mayo, Irland[12]
33	1825 Mai 12	—	Bayden, Hungerfort. Hiltshire
34	1827 gefunden	—	Newstead, Boxburgshire, Schottland
35	1828 Ende August	3^h nachm.	Allport bei Castleton, Derby[13]
36	1830 Februar 15	$7^h\ 30^m$ vorm.	Launton, Bicester, Oxfordshire
37	1830 Mai 17	$12^h 30^m$ nachm. mittags	Perth, Nord-Inch of Perth, Schottland
38	1832 Juni 29	—	Zwischen Plymouth und Brest[14]
39	1835 August 4	$4^h\ 30^m$ nachm.	Aldsworth, Cirencester

[1]) An Bord eines Schiffes. — [2]) Angeblich. Nach Kesselmeyer nur Hagel. — [3]) Wohl mit Tregony 1622 identisch. — [4]) Nach Kesselmeyer Regen von Schwefel, der in Masse gesammelt wurde. — [5]) Ein Stein zerschlug das Joch der Pferde. — [6]) Angeblicher Steinregen. — [7]) Nach Greg, Reusch etc. Steinfall. — [8]) Chladny, Arago: eine Feuerkugel schlug unter Detonation dicht bei der Kirche in die Erde. — [9]) Verursachte Brand. — [10]) Stein aus einer Feuerkugel zerstörte Teile eines Hauses. — [11]) Zerschlug ein Fenster eines Hauses und fiel auf die Hausflur. Als er aufgehoben wurde, war er noch heiß. — [12]) Hagel mit Metallkernen. — [13]) Nach Buchner zweifelhafter Fall. — [14]) In das Meer.

Lauf. No.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
40	1838 (1846) gefund.	—	Battersea Fiells hei London[1])
41	1842 August 5	5^h nachm.	Harrowgate hei Sheffield, Yorkshire
42	1844 April 29	$3-4^h$ nachm.	Killcter bei Castledery, Omagh, North-Tyronne, Irland
43	1846 August 10	5^h nachm.	Grafschaft Down, Irland[2])
44	1847 März 19 (2)	—	Ostküste von Aberdeen[3])
45	1860 Juni 9	2^h nachm.	Raphoe, Denegal, Irland
46	1865 August 12	7^h nachm.	Dundrum, Tipperary, Irland
47	1866 gefunden	—	Ben-Baigh, Berg bei Dalmellington, Ayrshire, Schottland[4])
48	1869 November 6	$8^h 30^m$ nachm.	Tamley bei Southampton[5])
49	1872 November 13	2^h vorm.	Scilly-Island[6])
50	1874 August 1	$11^h 50^m$ nachm.	Hexham, Northumberland
51	1876 April 20	$3^h 40^m$ nachm.	Rowton, Wellington, Shropshire[7])
52	1881 März 14	$3^h 45^m$ nachm.	Pennymann's Siding, Middleshrough, Yorkshire
53	1882 gefunden	—	Selkirk, Schottland
54	1884 Februar 12	10^h vorm.	Im Atlantischen Ozean 49° 30′—15 w. L.[8])
55	gefunden	—	Leadhills, Schottland
56	1900 Juni 10	—	Stoke Doyla bei Oundle, England[9])
57	(?)	—	Tyree, Hebriden, Schottland
58	1902 September 13	Am Tage	Crosshill-farm hei Crumlin, 20 *km* v. Belfast

Niederlande, Holland und Belgien

Lauf. No.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	(?)	—	Grave, Nordbrabant, Holland[10])
2	1186 Juli 8	—	Bergen (Mons), Hagenau, Belgien
3	1500 (1520)	—	Bei Brüssel[11])
4	1564 März 1	—	Zwischen Brüssel und Mecheln, Belgien.
5	1650 August 6	—	Dortrecht, Holland[12])
6	Zwisch. 1804 u. 1807	—	Dortrecht
7	1840 Juni 12	$10-11^h$ vorm.	Staartje, Uden Herzogenhusch, N.-Brahant, Holland
8	1843 Juni 2	8^h nachm.	Blaauw-Kapel, Utrecht, Holland
9	1852 Jnli 8	9^h vorm.	Wedde hei Groningen, Nord-Holland
10	1855 Juni 7	$7^h 45^m$ nachm.	Saint-Denis-Westrem hei Gent, Belgien
11	1863 März 4	$6-7^h$ nachm.	Bei Bergeik, Herzogenbusch, Holland[13])
12	1863 Dezemher 7	$11^h 30^m$ vorm.	Touriennes-la-Grosse, Tirlemont, Belgien
13	1868 Juli 5—6	$11^h 45^m$ nachm.	Namur, Belgien[14])
14	1896 April 13 (1897)	$7^h 50^m$ nachm.	Lesves hei Namur[15])
15	1896 vor 23. Septhr.	Am Tage	In einem Haferfelde bei Namur[16])
16	1899 September 23	11^h vorm.	Gemeinde Bois de Villers hei Namur[17])

[1]) In einem Weldenbaume. — [2]) Zweifelhaft. — [3]) In das Meer. — [4]) Durch die Güte des Kaiserl. deutschen Konsulats zu Leith und des Herrn Prof. Eggeling an der Universität zu Edinburg habe ich diesen Fall sicher feststellen können. — [5]) Nach Flight: Feuerkugel mit Meteoritenfall. — [6]) Nach Flight: Detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfalle. — [7]) Eisen. — [8]) Feuerkugel, welche über einem Fahrzeuge platzte, mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [9]) Entzündete ein Haus und zerstörte im ganzen 14 Häuser durch Feuer. — [10]) Ein angeblich vom Himmel gefallener, im Chor der Kirche eingemauerter Stein. — [11]) Ein vom Himmel gefallener Stein, welchen Alhrecht Dürer noch gesehen hat. — [12]) Stein schlug durch ein Fenster und sank in den Fußhoden eines Hauses. — [13]) Ein von Professor Heis herechneter mutmaßlicher Meteoritenfall. — [14]) In der Straße Saint Laup, Neues Jahrbuch der Physik, Woohenschrift für Astronomie 1886 usw. — [15]) Ein Stein nach »Nature«. 1897 April 13 nach Meunier. — [16]) Naoh der Vossischen Zeitung 12½ *kg* schwerer Stein, warf einen Arheiter zu Boden und zertrümmerte den Rechen, den jener in der Hand hielt. — [17]) Nach Meldung der Vosssohen Zeitung und anderer Tagesblätter ein 9.200 *kg* schwerer Stein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
			Schweiz
1	1478	—	Schweiz [1]
2	1499 April 19 (Mai 21)	—	Luzern [2]
3	1526 Oktober 19	4^h nachm.	Bei Basel [3]
4	1674 Oktober 6	—	Kanton Glarus [4]
5	1674 Dezember 6	—	Näfels, Glarus [4]
6	1698 Mai 18	$7^h 15^m$ nachm.	Hinterschwendi bei Waltringen, Bern
7	1826 März 15	8^h nachm.	Lugano, Tessin
8	1836 Dezember 8	8^h nachm.	Zuz, Graubünden
9	1886 gefunden, soll 1856 gefallen sein	—	Auf dem untern Rafrüti, im Quellengebiete im Emmentale, Bern [5]
10	1879 Juni 7	$9^h 45^m$ nachm.	Luganer-See bei Melidi
			Deutschland
1	(?)	—	Frauen-Breitungen [6]
2	823 (822)	—	Gau von Frisatz, auch Frisazi, Viscedi [7]
3	951 (952)	—	Augsburg [8]
4	998 Juli	—	Magdeburg
5	1103	—	Würzburg [9]
6	1135 (1136)	—	Oldisleben, Thüringen [10]
7	1164 Mai 11	—	Meißen [11]
8	1191	—	Thüringen
9	1229	—	Johannes-Kloster bei Hamburg [12]
10	Mittelalter	—	Halle [13]
11	1249 Juli 26	—	Zwischen Quedlinburg, Blankenburg und Ballenstädt
12	1257	Am Tage	Würzburg
13	1304	—	Friedland in der Mark [14]
14	1304 Oktober 1	—	Friedland a. Saale bei Halle [15]
15	1339 Juli 13	—	Schlesien [15]
16	1361	—	Bei Zwetl [16]
17	1368	—	Bei Blexen, Ausfluß der Weser, NNO von Oldenburg
18	1379 Mai 26	—	Münden, Hannover
19	1480	—	Sachsen oder Böhmen [17]
20	1492 November 16	$11-12^h$ vorm. (0.30^h nachm.)	Ensisheim, Elsaß

[1]) Nach Lycosthenes: Feurige Kugeln fielen auf die Erde und hinterließen Spuren ihres Brandes. — [2]) Ein von einem fliegenden Drachen herabgeworfener Stein. — [3]) Brand. — [4]) Vielleicht identisch. — [5]) Eisenmeteorit. — [6]) Nach einer Sage (Bechstein) ist daselbst ein großer schwerer Stein vom Himmel gefallen. — [7]) Durch glühende Steine wurden mehrere Gehöfte angezündet. — [8]) Unter Donnergetöse ein glühender Stein. — [9]) Nach Schnurrer. — [10]) Fiel ein Stein aus der Luft herah, der lange Zeit glühend hlieb. — [11]) Eine vom Himmel gefallene Eisenmasse. Vielleicht fielen zu derselhen Zeit auch die Eisenmassen bei Rittersgrün und Steinbach. — [12]) Vor der Tür des Klosters fiel 1 Stein mit furchtharem Geräusch. Er hatte schwarze Rinde, inwendig weiß mit goidglänzendem Strich durchzogen. Mecklenburg. Archiv. — [13]) Das frühere Kloster Neumark soll auf der Stelle erbaut sein, wo man eine goidone Egge vom Himmel fallen und wieder aufsteigen sah. — [14]) Brand, viele Steine; Kesselmeyer hält beide Fälle nicht für identisch, ich möchte dem heipflichten. — [15]) Nach Kesselmeyer: 300 Donnerkeile hei einem Gewitter gefallen. — [16]) Es soilen 10 Ochsen erschlagen sein. — [17]) Angeblich 1 Stein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
21	1496 Juli 13	—	Münchberg, Hof, Bayern [1]
22	1498 Am Jacobi (25. Juli)	—	Schweizenbach a. d. Saale
23	1509	—	Schwaben [2]
24	1528 Juni (1529)	—	Augsburg [3]
25	1530 Juni 23	—	Erfurt
26	1540 (1550)	—	Naunhof, Neuholm, zwischen Grimma und Leipzig [4]
27	1543 Mai 4	—	Zesenhausen (Zaisenhausen) bei Pforzheim, Bayern [5]
28	1548 November 6	2^{h} vorm.	Im Mansfeldschen, Thüringen
29	1552 Mai 19	3—5^{h} nachm.	Schleusingen, Thüringen [6]
30	Vor 1556	—	Holzsatz in Holstein
31	1561 Mai 17	—	Torgau, Siptiz und Eilenburg, Provinz Sachsen [7]
32	1572 Januar 9	9^{h} nachm.	Thorn, Westpreußen
33	1580 Mai 27	2^{h} nachm.	Nörten, zwischen Nordheim und Göttingen
34	1580 August 13	—	Wiehe, Thüringen
35	1581 Juli 26	$1^{h}\,30^{m}$ nachm.	Niederreißen bei Buttstädt, Thüringen
36	1596 Dez. 15 (3)	nachts	Werden a. Ruhr, Kreis Düsseldorf
37	1591 Juni 9	—	Kunersdorf [8]
38	1636 März 16 (6)	6^{h} vorm.	Zwischen Sagan und Dubrow [9]
39	1647 Februar 18	11—12^{h} nachm. nachts	Pölau, Zwickau
40	1647 August	11—12^{h} vorm. mittags	Zwischen Wermsen u. Schameele, Westf.
41	1649 Mai 11	3^{h} nachm.	Zwischen Dombach, Ebersheim u. Münster, Elsaß
42	1671 Februar 27	12^{h} vorm. kurz vor Mittag	Oberkirch und Zusenhofen, Ortenau, Baden
43	1673	—	Dietling, Ettlingen, Baden
44	1677 Mai 28 (26)	abends	Ermendorf, Dresden
45	1678 Februar 6	—	Frankfurt a. M. [10]
46	1690 Januar 2	$10^{h}\,45^{m}$ nachm.	Jena [11]
47	1715 April 11	4^{h} nachm.	Schellin, Stargard, Pommern
48	1722 Juni 5	$3^{h}\,30^{m}$ nachm.	Schefftlar, Wolfratshausen, Bayern
49	1724	—	Grimma, Sachsen
50	1750 Februar 9	—	Schlesien [12]
51	1751 gefunden	—	Steinbach, Jobanngeorgenstadt, Sachsen
52	1775 September 19	10^{h} vorm.	Rodach, Koburg, Thüringen
53	1783 (1773) gefunden	—	Aachen [13]
54	1785 Februar 19 (2)	$12^{h}\,15^{m}$ nachm. mittags	Wittmers, Eichstädt, Bayern
55	1785 August 13	11^{h} vorm.	Frankfurt a. M. [14]
56	1796 März 8	$10^{h}\,15^{m}$ nachm.	Oberlausitz bei dem Dorfe Storcha [15]

[1]) Dreieckige und hühnereiartige Steine. Wohl nur Hagel. — [2]) Hagel mit großen Steinen. — [3]) Nach Greg. — [4]) Eisenmasse. — [5]) Nach Greg, Kesselmeyer. — [6]) Gewaltiger Steinregen nach Chladni, wobei das Lieblingspferd des Fürsten Georg Ernst verwundet wurde. — [7]) 2 Steine, der eine fiel auf eine Windmühle. — [8]) Unter Detonation, Hagel mit Steinen. — [9]) 2 Zentner schwerer Meteorstein. — [10]) Nach Chladni: Steinfall, nach Greg und Kesselmeyer: Feuerkugel. — [11]) Zweifelhaft ob Steinfall. — [12]) Mutmaßlicher Meteorfall. — [13]) Unter dem Pflaster eine Eisenmasse gefunden; wird bezweifelt, ob meteorischer Ursprung. — [14]) Gleichzeitiger Brand zweier Häuser. — [15]) Substanz.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
57	1802 gefunden	—	Albacher Mühle, Bitburg, Niederrhein[1]
58	1803 Januar 21	11—12h nachts nachm.	Bojanowo, Schlesien[2]
59	1803 Dezember 13 (1815 ein zweiter Stein gefunden)	10—11h vorm.	St. Nicolas, Mäßing bei Eggenfelden, Niederbayern[3]
60	?	—	Aus Sachsen?[4]
61	1804 gefunden	—	Bei Darmstadt
62	1809 Juni	—	Oberpfalz
63	1811 Juni	10h nachm.	Heidelberg[5]
64	1812 April 15 (13)	4h nachm.	Erxleben, Magdeburg
65	1816 Juli 19	—	Starenberg bei Bonn
66	1819 August 20	3h vorm.	Rottweil, Württemberg
67	1819 Oktober 13	7—8h vorm.	Politz bei Gera
68	1820 August 6	—	Ovelgönne, Oldenburg[6]
69	1821 März 5	—	Im Greifswalder Kreise, Pommern
70	1822 Juni 19 (Juli)	11—12h nachm. nachts	Allerhöhe bei Hamburg[7]
71	1826 gefunden	—	Neuheim bei Frankfurt a. M.
72	1831 gefunden	—	Bei Magdeburg
73	1833 gefunden	—	Rittersgrün bei Schwarzenberg, Sachsen
74	1834 Januar 1	5h vorm.	Zeitz
75	1835 Januar 18	4—5h nachm.	Löbau, Lausitz
76	1838 Januar 2	7h nachm.	Bei Breslau[8]
77	1841 März 22	3h 50m nachm.	Seiferholz und Heinrichsau bei Grünberg, Schlesien
78	1843 August 7	1—2h vorm.	Reine, Westf.
79	1843 September 16	4h 45m nachm.	Klein Wenden, Erfurt
80	1845 Januar 20	5h 30m bis 6h nachm.	Grünberg, Schlesien[9]
81	1846 gefunden	—	Darmstadt[10]
82	1846 Dezember 25	2h 45m nachm.	Schöneberg, Schwaben, Bayern
83	1847 gefunden	—	Seeläßchen, Schwiebus, Frankfurt a. O., Brandenburg
84	1850 Februar 28	—	Meinberg, Pyrmont, Lippe-Detmold
85	1850 (1852) gefunden	—	Mainz
86	1850 gefunden	—	Schwetz a. Weichsel, Marienwerder
87	1851 April 17	8h nachm.	Gütersloh, Minden, Westfalen
88	1854 Juli 4 (2)	—	Strehla a. d. Elbe[11]
89	1854 Juli 29	11—12h nachm.	Gera
90	1854 Septbr. 4 (5)	kurz vor 8h vorm.	Linum bei Ferbellin
91	1854 gefunden	—	Tabarz am Inselberge, Thüringen
92	1855 Mai 13	5h nachm.	Gnarrenberg, Bremervörde, Hannover
93	1856 gefunden	—	Hainholz bei Borgholz, Paderborn, Westfalen

[1]) Kesselmeyer vermutet den Fall zwischen 1600 und 1700. — [2]) Substanz. — [3]) 1 Stein schlug durch das Dach eines Schuppens und wurde noch heiß aufgenommen. 1815 ist daselbst noch ein zweiter Stein gefunden. — [4]) Im Naturalienkabinet zu Gotha. — [5]) Materie. — [6]) Setzte einen Heuschober in Brand. — [7]) Brand. — [8]) Nach v. Boguslawski: Mutmaßlicher Meteoritenfall eines großen leuchtenden Meteors. — [9]) Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [10]) Nach v. Boguslawski, ohne nähere Angaben. — [11]) Nach Wolf; Kesselmeyer hält den Fall für zweifelhaft.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
94	1859 August 7	8h 30m nachm.	Egersdorf bei Celle, Lüneburger-Heide [1]
95	1861 gefunden	—	Heidelberg, Großherz. Baden
96	1862 Januar 1	1h vorm.	Breslau
97	1862 Oktober 7	12h 30m nachm. mittags	Mehow, Mecklenburg-Strelitz
98	1863 gefunden	—	Bückeburg bei Oberkirchen, Schaumburg
99	1867 gefunden	—	Nöderitz bei Altenburg
100	1869 Mai 5	6h 30m nachm.	Krähenberg, Zweibrücken, Bayr. Pfalz
101	1869 Juni 7	9h nachm.	Bei Borkum über der Nordsee geplatzt [2]
102	1870 Januar 1	5h 55m nachm.	Marienhofe, N. von Emden [3]
103	1870 Juni 17	2h nachm.	Ibbenbühren, Westfalen
104	1870 September 27	6h nachm.	In das Meer zwischen Femern und Laaland [4]
105	1872 gefunden	—	Nenntmannsdorf b. Berggießhübel, Pirna, Königr. Sachsen
106	1873 gefunden	—	Eisenberg, Sachsen-Altenburg
107	1877 Mai 17	7h vorm.	Zwischen Steinheim und Borsdorf, bei Hungen in Hessen
108	1877 Mai 26	—	Ermensdorf bei Dresden
109	1877 August 21	6h nachm.	Hanau, Hessen
110	1877 August 28	10h 30m vorm.	Köln
111	1877 Dezember 26	8h vorm.	Höhr, Nassau
112	1879 Mai 17	4h nachm.	Gnadenfrei und Schöbergrund, Schles.
113	1880 Juli 10	—	Wylcacowa, Kreis Schroda
114	1881 September 8	10h 24m nachm.	Zwischen Bornholm und Rügen in das Meer [5]
115	1882 August	3—4h vorm.	Von der Metter a. d. Enz, Württemberg
116	1884 gefunden	—	Braunfels, Hessen-Nassau
117	1885	—	Pützchen bei Bonn, Rheinprov.
118	1886 Mai 28	2h 30m nachm.	Krähenholz, Barntrup, Lippe-Detmold
119	1888 März 4	11h vorm.	Schwachenwalde, Kreis Arenswalde
120	1888 Dez. 13/14	nachts	Niederplais, Kreis Sieg, Rheinprov.
121	1889 Dezember 13	6h 30m nachm.	Zwischen Boldenhagen und Kröpelin
122	1889 Oktober 15	6h 7m nachm.	Bei Freiburg a. U., Thüringen [6]
123	1890 August 12	11h 17m nachm.	Plauen, Kreis Zwickau, Sachsen
124	1891 gefunden	—	Neustadt, Mecklenburg-Strelitz
125	1891 Januar 27	—	Holzkirch, Reg.-Bez. Liegnitz
126	1891 August 31	3h nachm.	Renncher Mühle b. Jagstzelt, Württemb.
127	1892 März 31	3h 45m vorm.	Worms, Hessen-Darmstadt [7]
128	1892 Mai 26	Kurz nach 12h vorm. mittags	Berlin-Schöneberg [8]
129	1892 November 10	10h 45m nachm.	Altenburg, Sachsen [9]
130	1894 Januar 6	7h 58m nachm.	Rhündorf b. Lichtenfels
131	1895 Juli 8	11h 40m nachm.	Neu Glienitz b. Freienwalde [10]
132	1895 September 14	9h nachm.	Waldenburg, Schlesien

[1] Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [2] Große detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [3] Mutmaßlicher Meteoritenfall eines großen Meteors. — [4] Große detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [5] Von vielen verschiedenen Orten Dänemarks beobachtetes Meteor, platzte in 21 kleine Kugeln. — [6] Ungeheuer große, platzende und detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [7] Stein traf den Dachstuhl eines Hauses. — [8] Fiel mitten auf das Straßenpflaster in Stücke. Von der Schuljugend nach allen Richtungen zerstreut. Mir mitgeteilt. — [9] Vossische Zeitung: Auf einem Felde vor einem Dienstknecht ein glühender Stein gefallen. — [10] Zeitungsnachricht: In das Wasser fallend.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
133	1896 gefunden	—	Bei Zwickau, Königr. Sachsen
134	1896 Februar 29	$8^h\ 43^m$ nachm.	Socham, Halle und Döbau, Greiz [1]
135	1896 gefunden	—	Weißen Hirsch, Dresdener Heide am H. G. Wege
136	1896 September 15	—	Tuttlingen, bei dem Bahnwärterhause Stuttgarter-Straße
137	1896 Dezember 26	$8^h\ 1^m$ nachm.	Agnesruh bei Bad Elster [2]
138	1896 Dezember 30	9^h nachm.	Deggendorf, Bayern
139	1897 Januar (Febr.)	$10^h\ 30^m$ vorm.	Liegnitz (Brieg) [3]
140	1897 Mai 18	$4^h\ 5^m$ nachm.	Berlin, in einem Garten Matthäikirch-Str. 15 [4]
141	1897 Mai 19	$7^h\ 45^m$ nachm.	Katzhütte, Meuselbach, Schwarzburg-Rudolstadt
142	1897 September 18	12^h vorm.	Engelsberg, Nordhausen [5]
143	1898 August 9 (10)	3^h vorm.	Bei Kiel [6]
144	1899 Februar 19	$7^h\ 45^m$ nachm.	Friedeherg a. Qu., auf dem Klötzenplane der Bretscheide
145	1900 Oktoher 19	$4^h\ 40^m$ nachm.	Unweit Heidelberg [7]
146	1902 April gefund.	—	Osterfeld bei Zeitz
147	1902 August 20	$10^h\ 15^m$ nachm.	Lennep, Rheinprovinz

Italien [8]

	Vor Christo		
1	707 (705, 704)	—	Rom [9]
2	654 (644, 642)	—	Albaner Gebirge (Mons Albanus)
3	216	—	Östl. von Rom in Latium [10]
4	210	—	Eretum in Sahinien [11]
5	207	—	Veji, nördl. von Rom, Etrurien
6	206	—	Italien wo? [12]
7	204	—	Ancona
8	176	—	Mars-See bei Crustumarium, Etrurien [13]
9	106	—	Italien wo? [14]
10	56	—	Lucanien (Neapel)
11	52 (51)	—	Italien wo? [15]
	Nach Christo		
12	921	—	Narni, nördl. von Rom [16]
13	956	—	Italien wo? [17]
14	1151	—	Lombardei
15	1236 (1240)	—	Cremona [18]
16	1474	—	Viterbo [19]

[1]) Nach der Leipz. Ill. Zeitung. — [2]) Angeblich ein 15 Pfund schwerer Stein. — [3]) Mir mitgeteilt. — [4]) Angeblich ein 630 *g* wiegender Stein. — [5]) Zersprang noch heiß in viele Stücke. — [6]) 32 Pfund-Stein. — [7]) Gewaltige Explosion: Wahrscheinlicher Niedergang eines Meteoriten. — [8]) Von den vor Christo stattgefundenen Meteoritenfällen sind nur die bemerkenswertesten aufgeführt worden, andere sind wohl nur Sternschnuppenfälle gewesen. — [9]) Herabfallen eines ehernen Schildes (wohl Eisenmasse) mit heftiger Detonation. — [10]) Brennende Steine fielen vom Himmel, wenn nicht Sternschnuppen. — [11]) Es regnete Steine. — [12]) Es fielen feurige Steine (Sternschnuppen). Nach Greg. — [13]) Livius: Ein Vogel ließ aus seinem Schnabel einen heiligen Stein fallen. — [14]) Getöse in der Luft. Man sah eine Keule vom Himmel fallen. — [15]) Eisen nach Kesselmeyer. — [16]) Viele Steine, von denen der eine in den Fluß fiel und eine Elle über dem Wasserspiegel hervorragte. Nach Buchner. — [17]) Unter Sturm und Donner fiel ein großer Stein vom Himmel. — [18]) Nach Schnurrer ein großer Stein. — [19]) Zwei große Steine.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
17	1491 März 22	Bei heiterem Himmel	Rivolta de Bassi, Crema, Lombardei
18	1496 Jan. 26 (28)	9h vorm.	Valdinore, zwischen Cesena und Bertinoro Forli
19	1511 September 4	8h nachm.	Crema [1])
20	1525 Juni 28 (29)	—	Mailand
21	1545	—	Piemont
22	Zwisch. 1550 u. 1570	—	An mehrern Orten Piemonts [2])
23	1557 November 25	—	Italien wo?
24	1569 Sept. 14 (15)	—	Venedig [3])
25	1583 Januar 9	Bei heiterem Himmel	Castrovillari, Kalabrien
26	1583 März 2	—	Piemont [4])
27	1596 März 1	5h 30m nachm.	Crevalcore, Ferrara
28	1635 Juli 7	—	Calce, Vicenca
29	1650 (1660) Sept. 4	—	Bei Mailand [5])
30	1668 Juni 19 (21)	12—1h vorm. (nachts)	Vago, Caldiero, Verona [6])
31	1672	nachts	Verona [6])
32	1676 März	7h vorm.	Livorno aus gesehen mit der Richtung nach Korsika [7])
33	1697 Januar 13	4—5h nachm.	Pantolino und andern Orten bei Siena, Toskana
34	1737 Mai 21	—	Zwischen Lissa und Monopoli, in das Adriatische Meer fallend
35	1755 Juli	—	Fluß Crati bei Terranova, Kalabrien
36	1755 Oktober 14	8h vorm.	Lucarno [8])
37	1766 Mitte Juli	5h nachm.	Aborretto, Modena [9])
38	1766 August 15	—	Novellora bei Modena [9])
39	Zwisch. 1769 u. 1779 gefunden	—	Collina di Brianza, Mailand
40	1776 (1777) Ende Jan.	2—4h nachm.	Sanatoglia bei Fabriano, Ancona
41	1782 Juli	nachts	Tata und Tamoretti bei Turin
42	1791 Mai 17	5h vorm.	Kastel-Berardenga bei Siena, Toskana
43	1794 Juni 16	7h nachm.	Zu Pienza. Cosona u. zu Lucignan bei Siena
44	1808 April 19	12—1h nachm. (mittags)	Borgo-San-Domino und Pieve di Casignova, Parma
45	1813 März 14 (4)	3—4h nachm.	Cutro, zwischen Crotone und Canton-Zera, Kalabrien [10])
46	1819 Ende April	—	Massa Lubrense, Neapel
47	1820 November 29	7h nachm.	Cosenza, Kalabrien [11])
48	1822 Juni 17	—	Castania, Sicilien [12])

[1]) Während einer Sonnenfinsternis fielen viele Steine; auch soll ein Mönch erschlagen, Vögel und Schafe getötet sein. Der Fall des Meteors wurde von Raffael auf einem Bilde verewigt. — [2]) Eisen nach Kesselmeyer. — [3]) Es fielen Sterne und Feuer vom Himmel und schlugen in 2 Pulvertürme und in einen Schwefelturm. Sächsische Chronik. — [4]) Aus einer donnernden Wolke fiel nach Kesselmeyer ein Stein, der dem Herzog von Savoyen gebracht wurde. — [5]) Ein Stein fiel in das Kloster St. Maria della Pace und tötete einen Franziskanermönch. — [6]) Vielleicht identisch. Nach Buchner wird in der Akademie zu Verona ein Stück des Steines aufbewahrt. Kesselmeyer sagt: Januar 19. — [7]) Mutmaßlicher Meteoritenfall in das Meer und mit großer Erschütterung einer zerspringenden Feuerkugel. — [8]) Meteorstaub nach Chladni. — [9]) Vielleicht identisch. Arago führt beide jedoch selbständig auf. — [10]) Unter Donnerschlägen: roter Regen, Staub und mehrere Steine. — [11]) Nach Greg: Casenza, Jonische Inseln. — [12]) Brand.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
49	1824 Jan. 13 (15)	$8^{h}\,30^{m}$ nachm.	Renazzo (Arenazza) nördl. von Centa bei Ferrara
50	1834 August 26	—	Padua
51	1834 Dezember 15	mitternachts	Marsala, Sicilien
52	1836 Februar 8	7^{h} nachm.	Rivoli, Piemont [1]
53	1836 September 18	10^{h} vorm.	Florenz [2]
54	1839 November 29	3—4^{h} nachm.	Neapel
55	1840 Juli 17	$7^{h}\,30^{m}$ vorm.	Cereseto aei Ottiglio, Piemont
56	1841 Juli 17	—	Mailand
57	1846 Mai 8	$9^{h}\,15^{m}$ vorm.	Monte-Milone a. d. Potenza, Macerata, Ancona
58	1853 Februar 10	1^{h} nachm.	Girgenti, Sicilien
59	1855 Mai 24 (25)	$10^{h}\,20^{m}$ vorm.	Bei Civita-Vechia [3]
60	1856 November 12	4^{h} nachm.	Trenzano, Brescia, Lombardei
61	1860 Februar 2	$11^{h}\,45^{m}$ vorm.	Alessandria, San Giul. vechio, Piemont
62	1868 Januar 30	7^{h} nachm.	Larioi, im Golf von Spezia
63	1868 März 1	Zwisch. $10^{h}\,30^{m}$ u. $10^{h}\,45^{m}$ vorm.	Motta di Conti, Casale
64	1871 März 24	$8^{h}\,15^{m}$ nachm.	Urbino, Pesaro [4]
65	1872 August 31	$5^{h}\,15^{m}$ vorm.	Orvinio, Umbrien [5]
66	1875 September 14	4^{h} nachm.	Supino bei Frosione, ehemal. Kirchenstaat
67	1880 März 29—30	11—12^{h} nachm. uachts	Catania, Sicilien [6]
68	1883 Februar 16	$2^{h}\,30^{m}$ nachm.	Alfianello bei Brescia
69	1885 Dezember 6	$10^{h}\,25^{m}$ nachm.	Neapel, in der Straße Florentino
70	1886 Mai 24	—	Torre, Assisi, Perugia
71	1890 Februar 3	$1^{h}\,30^{m}$ nachm.	Antifona, Collescipoli, Terni

Dänemark

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	(?)	—	Island [7]
2	1076	—	Dänemark wo? [8]
3	1646 Mai 16	—	Kopenhagen [9]
4	1647 zu Pfingsten	—	Insel Falster [10]
5	1665 März 30 (April 6)	8^{h} vorm.	Örsted auf Fünen [11]
6	1817 März 2	12—1^{h} vorm.	Baltisches Meer [12]
7	1873 März 25	$8^{h}\,20^{m}$ nachm.	Bei der Insel Samroe [13]
8	1876 September 7	$1^{h}\,30^{m}$ nachm.	Ringkjöbing [14]
9	1878 August 29	$2^{h}\,30^{m}$ nachm.	Mern, Prästö auf Seeland
10	1881 September 8	$10^{h}\,24^{m}$ nachm.	In die Ostsee zwischen Bornholm und Rügen gefallen [15]

[1] Detonierende Feuerkugel mit Meteorstaub. — [2] Substanz. — [3] Nach Buchner fiel oine große Feuerkugel mit langem Schweif und unter heftigem Geräusch nur 15 Schritt von einem Schiffe in das Meer. Nach Kesselmeyer am 17. September 1856: 42° 7′ und 11° 46′ westl. Br. — [4] Nach Flight: detonierende Feuerkugel mit Meteoritenfällen. — [5] Brand. — [6] Meteorischer Staubregen. — [7] Nach Kesselmeyer: angeblich ein aus der Luft gefallener Anker, der angeblich in der Kirche zu Klöna auf Island aufbewahrt worden war. — [8] Nach Greg und andern. — [9] Nach Kesselmeyer: ein vom Himmel gefalloner Stein. — [10] Steine zur Zeit eines Hagelfalles. [11] Nach Terwald Köhl hat der Steinfall bei Örsted, NO von Assens stattgefunden. Der Stein wurde längere Zeit aufbewahrt, nachher aber fortgeworfen. — [12] Von Gothenburg in Schweden und Odense auf Fünen sah man einen Feuerregen zwischen Bornholm und Rügen in das Meer stürzen. — [13] Feuerkugel Deton. platzende $1/2$ Mondgröße mit vermutlichem Meteoritenfalle. — [14] Stein nicht gefundon. — [15] Nach T. Köhl von Kopenhagen und andern Orten Dänemarks gesichtet.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
11	1888 gefunden	—	Nökjobing [1]
12	1895 gefunden	—	Lysabilds bei Düppelburg [2]

Norwegen und Schweden

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1822 Juni 13	4^h nachm.	Christiania [3]
2	1822 September 10	$10^h\ 30^m$ bis 11^h nachm.	Carlstadt [4]
3	1848 Dezember 27	6^h nachm.	Schieshi, Akerhuus b. Kregstedt, Norwegen
4	1869 Januar 1	$12^h\ 30^m$ nachm. mittags	Hessle, Upsala, Schweden
5	1873 Mai 14	10^h nachm.	Norrbärke in Dalarma, Schweden [5]
6	1876 Juni 28	$11^h\ 30^m$ vorm.	Ställdalen, nördl. v. Filipstadt, Schweden
7	1877 März 18	$7^h\ 52^m$ nachm.	Nordufer des Wenern-Sees, Schweden [6]
8	1877 April 29	$8^h\ 37^m$ nachm.	Zwischen Lulea und Pitea, Schweden [7]
9	1882	—	Högsby [8]
10	1883 Juli 4	am Tage	Brodby, Westermanland, Schweden [9]
11	1884 Mai 20	$8^h\ 9^m$ nachm.	Mildt Vaage im östl. Teil der Tysnes-Insel, Norwegen
12	1885 April 22	—	Ostergötland, Eisenbahn-Station zu Fogelsta, Schweden
13	1886 März 11	$6^h\ 15^m$ nachm.	Aastoedt, Bergen, Norwegen [10]
14	1889 April 3	$7^h\ 40^m$ nachm.	Lundgard, Kellena, Schonen, Schweden
15	1889 April 26	—	Südliche Schweden
16	? gefallen	—	Ostra Ljemgby i. Skône [11]
17	1892 gefunden	—	Morradal Grjotlien, zwisch. Skiakel u. Stryn

Österreich-Ungarn

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1112 nach Chr.	—	Aquileja, Aglar, Illyrien [12]
2	1305 (1304) Okt. 1	—	Vandals, Südösterreich [13]
3	Zwischen 1340 und 1520	—	Elbogen, Böhmen [14]
4	1361	—	Zwettl. In Nieder- od. Oberösterreich
5	1559	—	Miskolcz, Borschod, Ungarn
6	1618	—	Böhmen [15]
7	1618 Ende August	—	Musacöz, Mur-Insel, Ungarn
8	1642 Dezember 12	—	Zwischen Ofen und Gran, Ungarn [16]
9	1723 Juni 22	10—11^h vorm.	Pleschkowitz, Reichstadt, Böhmen [17]
10	1727 Juli 22	2^h nachm.	Liboschitz, Reichstadt, Kreis Bunzlau, Böhmen [18]
11	1751 Mai 26	$6^h\ 50^m$ nachm.	Hraschina, Agram, Kroatien
12	1753 Juni 3 (Jnli)	8^h nachm.	Hof-Krawin b. Strkow, Plan, Böhmen [19]
13	1768 November 20	4^h nachm.	Mauerkirchen, Braunau, Österr. ob. der Enns

[1]) 500 *kg* nach der Zeitschrift »Nature« und anderen Autoren. — [2]) Stein in einer Weide gefunden; soll nach T. Köhl kein Meteorstein sein. Angeblich 1843, August 12. gefallen. — [3]) Bituminöse Masse. — [4]) Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [5]) Sirius 1873: Explosion mit starker Detonation. Meteoriten fielen in einem Walde nieder. — [6]) Vermutlicher Meteoritenfall nach Nordenskjöld. — [7]) Nordenskjöld: Meteoriten nicht gefunden. — [8]) »Fortschritte der Physik«: schlug Löcher in das Eis. Weitere Angaben fehlen. — [9]) Steine und Hagel. — [10]) Nach »Nature«: Unter Detonation Löcher in das Eis. — [11]) Nach Cohen. — [12]) Glühende Steine. — [13]) Nach Kesselmeyer, Greg sagt Lusatia, Saxony, wahrscheinlich 1304, Oktober 1. — [14]) Eisenmeteor, unter dem Namen: »Der verwunschne Burggraf« bekannt. — [15]) Niederfall einer metallischen Masse. — [16]) Weiches Eisen wahrscheinlich? — [17]) 8 Steine. — [18]) 25 Steine. Jedenfalls beide identisch. — [19]) Brezina und Wülfing: 3. Juni, Buchner und andre 3. Juli.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
14	1808 Mai 22	5h 30m bis 6h vorm.	Stannern, Iglau, Mähren
15	1808 September 3	3h 30m nachm.	Wustra und Stratow, Lissa, Böhmen
16	1813 März 8	2h nachm.	Brünn[1])
17	1814 (1815) gefund.	—	Lenarto, Saroher-Komitat, Ungarn
18	1819 September 5	11—12h vorm. mittags	Studein, Teltsch, Mähren[2])
19	1820 Mai 22	11—12h nachm.	Ödenburg, Ungarn
20	1824 Oktober 14	8h vorm.	Praskoles, Zebrak, Böhmen
21	1824 Dezember 17	6h 30m nachm.	Neubaus, Böhmen[3])
22	1829 November 19	10h 5m nachm.	Prag[4])
23	1829 gefunden	—	Bohumilitz bei Winterberg, Böhmen
24	1831 September 9	3—4h nachm.	Znorow, Wessely, Mähren
25	1833 November 20	7h 30m vorm.	Bei Preßburg[5])
26	1833 November 25	6h 30m nachm.	Blansko, Brünn, Mähren[6])
27	1834 November 29	—	Szala, Raffaden, Gespann Salad
28	1836	—	Am Plattensee[7])
29	1837 Januar 15	5h nachm.	Mikolowa am Plattensee, Gespann Salad[7])
30	1837 Juli 24	11h 30m vorm.	Groß-Divina bei Budetin, Gespann Trentschin, Ungarn
31	1840 gefunden	—	Magura, Szlanicza, Arva, Ungarn
32	1841 August 10	10h nachm.	Iwan, Ödenburg[8])
33	1842 April 26	3h nachm.	Pusinsko-Selo, Milena, Kroatien
34	1843 November 10	5h nachm.	Auf der Donau, Österreich
35	1845 gefallen (gef.)	—	Siebenbürgen
36	1847 Juli 14	3h 45m vorm.	Hauptmannsdorf, Braunau, Königgrätz, Böhmen[9])
37	1851 gefunden	—	Alt-Bèlá, Mähren
38	1852 September 4	4h 30m nachm.	Fekete u. Teich Istento, Mezõ Madarasz Siebenbürgen
39	(?)	—	Deeresheim bei Hallerstadt[10])
40	1852 Oktober 13	3h nachm.	Borkut, Szigeth, Marmaros, Ungarn
41	1854 Mai 10	—	Iwan, Ödenburg, Ungarn[11])
42	1857 April 15	10h 30m nachm.	Kaba, Debreczin, Nord-Bihar, Ungarn.
43	1857 Okt. 10 (11)	12—1h vorm. (mitternachts)	Veresegyháza, Ohaba, Carlsburg. Siebenbürgen
44	1858 Mai 19	8h vorm.	Kakowa, Oravitza, Temeser Banat, Ungarn
45	1859 Juli 31	9h 30m nachm.	Montpreis, Steyermark
46	1861 gefunden	—	Breitenbach, Bez. Platten, Kreis Elbogen
47	1862 gefunden	—	Rokytzau, Pilsen, Böhmen
48	1866 Juni 9	4h 30m nachm. (5 Uhr)	Knyehinya, Ungarn[12])
49	1866 September 13	1h vorm.	Tuschkau, Pilsen, Böhmen[13])

[1]) Unter Detonation eines Meteors fiel Materie. — [2]) Erdregen und kleine Steinchen. — [3]) Feuerkugel mit harziger Masse. — [4]) Nach Schwefel riechende kristallinische Masse. — [5]) Explodierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfalle. — [6]) Anfangs 3 Steine. Baron Reichenbach ließ die Gegend planmäßig absuchen und fand noch 8 Steine. — [7]) Jedenfalls identisch. Ein noch glühender Stein. — [8]) Ein viel umstrittener Meteorstein. — [9]) 2 Eisenmassen. — [10]) Nach dem Jahrbuche der k. k. Geologischen Reichsanstalt: zweifelhafter Meteoritenfall. — [11]) Nach Charl Upan Shepard angezweifelt. Sollte der von 1841, August 10. mit diesem Falle identisch sein? — [12]) Nach Schätzung mehr als 1000 Steine. — [13]) Feuerkugel von Sonnengröße, detonierend mit Erschütterung und mutmaßlichem Meteoritenfalle.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
19	1814 Februar 15	0—1h nachmittags	Alexejewska, Bachmut, Ekaterinoslaw
20	1818 April 10 (11)	—	Zaborzyka, Volhynien
21	1818 August 10	—	Slobodka, Smolensk
22	1819 Mai 26 (19)	—	Paulowgrod
23	1820 Juli 12	5—6h nachm.	Lasdany, Lixna, Witebsk
24	1820 November 12	4h nachm.	Chotmischsk, Sterlitamansk
25	1822 gefunden	—	Rokicky bei Brahin, Minsk [1])
26	1823 Ende Dezbr.	—	Botschetschki, Kursk
27	1824 Oktober 20	—	Stalitamank, Orenburg [2])
28	1825 Juli 28	—	Chirokij unweit Cherson [3])
29	(?)	—	Czartoya, Volhynien
30	gefunden?	—	Im Gouvernement Poltawa
31	1826 Mai 19	—	Mordvinowska, Paulowgrod, Ekaterinoslaw
32	1827 Oktober 17	9—10h vorm.	Bialystock, Kuasti-Knasti, Jasly
33	Vor 1828 Mai	—	Simbirsk
34	1829 September 9	2h nachm.	Krasnoy-Ugol, Rjäsan
35	1834 Januar 8	9—10h vorm.	Okniny, Okaninah bei Kremenetz, Volhynien
36	Vor 1838	—	Slobodka, Rußland
37	1840 Mai 9	11—12h vormittags	Karakol, Kirgisensteppe
38	1843 gefunden	—	Bei Badjansk am Asowschen Meere [4])
39	gefunden	—	Im Gouvernement Kursk
40	1843 November 12	11—12h vormittags	Werchne Tschirskaja, Stanitza am Don
41	1845 gefunden	—	Im Kreise Romy, Poltawa
42	1845 (?) gefunden	—	Im Gouvernement Kursk [5])
43	1846 gefunden	—	Netschaĉwo, Tula
44	1850 gefunden	—	Bei Abo, Finnland
45	1854 gefunden	—	Sarepta a. d. Wolga, Sarato.
46	1855 Mai 5	5h nachm.	Igast, Livland [6])
47	1855 Mai 11	3—4h nachm.	Kaande, Insel Ösel
48	1857 März 24	5h nachm.	Stawropol, Kaukasus
49	1858 August	—	Zmeny, Stolin, Pinsk, Minsk
50	1859 gefunden	—	Czartorysk am Styr, Volhynien
51	1861 Juni 28	7h nachm.	Mikenskoi, Grosnaja, Kaukasus
52	1863 Juni 2	7h 30m vorm.	Buschhof, Jakobstadt, Kurland
53	1863 August 8	0h 30m nachmittags	Aukoma u. a. Ort Pillistfer, Livland [7])
54	1864 April 12	4h 45m vorm.	Nerft, Kurland
55	1864 (1862) Juni 26	7h vorm.	Dolgowoli, Volhynien
56	1868 Januar 30	6h 45m nachm.	Pultusk, Sielce Nowy, Polen [8])
57	1869 gefunden	—	Werchnedjeprowsk, Ekaterinoslaw
58	Fallzeit unbekannt	—	Mohilew
59	Fallzeit unbekannt	—	Grodno
60	1871 gefunden	—	Oczeretna, Lipowitz (Lipowez), Kiew

[1]) Man vergleiche Nr. 14. — [2]) Bezweifelter Meteoritenfall. — [3]) Zweifelhaft nach Chladni. — [4]) Nach Buchner. — [5]) Vielleicht identisch mit Nr. 39. — [6]) Bezweifelter Meteorstein. — [7]) Ein sehr reicher Fall. Ein Stein schlug in einen Schweinestall. — [8]) Viele Tausend Steine, welche eine Strecke von 10 deutschen Meilen bedeckten. Nach Brezina soll dieser Fall mit dem an demselben Tage, 7h nachm. erfolgten Steinfalle bei Larioi im Golfe von Specia, Italien, identisch sein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
61	1872 Juni 28	0h 30m nachm. mittags	Sikkensaare, Tennasilm, Estland
62	1873 Januar 9	—	Bei Abo in das Meer fallend
63	1874 Mai 11	11h45m nachm.	Sevrukof (Sewrjukowo) Belgorad, Kursk
64	1876 Juni 17 (19)	—	Vanilowska, Cherson
65	1876 gefunden	—	Werchne Drieprowsk, Ekaterinoslaw
66	1877 Juni 17	—	Yodzé, Poneviej Kosno
67	1878 November 20	—	Rakowka, Tula, Galun
68	1881 November 19	6h 30m vorm.	Großliebenthal und Sitschawska b. Odessa[1])
69	1882 August 2	4—5h nachm.	Pawlowka, Karai, Balaschew, Saratow
70	1886 September 16	7h 18m vorm.	Nowy Urej, Krasnoslobadck, Pensa
71	1887 Januar 1	—	Bielokrysnitchie, Zasland, Volhynien
72	1887 Juli 3	11h vorm.	Niederbartau, Kurland
73	1887 August 30	1h nachm.	Ochansk und Taborg, Perm
74	1888 gefunden	—	Bischtrübe (Bisch-Tjube) Nicolaew, Tourgais
75	1889 Juni 18	—	Mighea, Elisawetpol, Transkaukasien
76	1890 April 16 (10)	4h nachm.	Mißhof, Kurland
77	1891 April 9 (7)	—	Indarck, Elisabeth, Transkaukasien
78	1892 gefunden	—	Augustinowka, Ekaterinoslaw
79	?	—	Romy, Poltava
80	1893 September 22	—	Zabordje, Wilna[2])
81	1894 Juli 27	—	Sawtschenskoje, Cherson
82	1894 Dezember 7	—	Buschany, Stonim, Grodno
83	? gefunden	—	Netschaewo, Tula
84	1895 Mitte August	10h nachm.	Kljutsch, Krassnowtimski, Perm
85	1899 März 12	9h 47m nachm.	Stensbölle-Fjörde b. Bjurböle, Borga, Finnl.
86	1901 September 9	—	Soll in einem russischen Dorfe ein großer Brand durch einen fallenden Meteorstein entstanden sein[3])
			Klein-Asien
	Vor Christo		
1	Vor 1460	—	Gibeon, nördl. von Jerusalem[4])
2	Vor 1180	—	Troja[5])
3	Fallzeit unbekannt	—	Troja[6])
4	desgleichen	—	Ephesus[7])
5	desgleichen	—	Laodicea bei Ephesus[8])
6	desgleichen	—	Tyrus, Phönizien[9])
7	desgleichen	—	Hierapolis, Syrien[10])
8	desgleichen	—	Babylon[11])
9	desgleichen	—	Paphos, Insel Kypern[12])

[1]) An letzterem Orte wurde ein Postillion von einem fallenden Steine verwundet. — [2]) Ein Stein fiel auf ein Bauernhaus. — [3]) Wisselinus, III. Band. — [4]) Nach Lycosthenes: Hagel von Steinen. — [5]) Nach Homers Ilias hängte Jupiter der Juno zwei große Amboße an die Füße und band mit goldenen Fesseln die Hände der Gattin; später löste er aber die Fesseln und warf die Klumpen nach Troja herab. Nach Eustathius wurden später 2 Klumpen von den Periegaten in Troja gezeigt. — [6]) Nach von Dalberg gab Apollo einen schwarzen Stein dem Trojaner Helenos. — [7]) Nach v. Hammer ein vom Himmel gefallenes Bild der Diana. — [8]) Nach v. Dalberg: »Bätylos-Stein«, welcher am Eingange des Dianatempels zu Laodicea stand. — [9]) Nach von Dalberg: der als Stern vom Himmel gefallene Stein, welchen die Göttin Astarte der Stadt Tyros reichte. — [10]) Nach von Hammer und andern: Angeblich vom Himmel gefallenes Bild der Syrischen Liebesgöttin Derkato. — [11]) Kesselmeyer: der in den Ruinen von Babylon mit Keilschrift versehene Stein, welcher vielleicht ein Meteorstein gewesen ist. — [12]) Von Hammer: angeblich vom Himmel gefallenes Bild der Aphrodite.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
10	Fallzeit unbekannt	—	Cyzicus, Mysion[1]
11	desgleichen	—	Pessinus, Phrygien[2]
12	desgleichen	—	Abydos am Hellespont, Mysien
13	75 bis 73	—	Otryal (Otryae) Phrygien
	Nach Christo		
14	55	—	Libanongebirge
15	500	—	Emesa
16	893 (897)	—	Ahmed-Jad bei Kufah, Bagdad
17	1110 Winter	—	See Van
18	1130 März 8	—	Mosul am Tigris
19	1340	—	Birki (Birgeh), OSO von Smyrna
20	Um 1451	—	Beth-Horon, SW von Jerusalem[3]
21	? gefunden	—	Tal von Ekmah-Chai, Armenien[4]
22	? gefunden	—	Berg Athos
23	1863 Dezember 10 oder 14	3^{h} vorm.	Jagy bei Trapezunt
24	1870 gefunden	—	Nördl. von Renkioi am Hellespont
25	1873 gefallen	—	Aleppo (Haleb)
26	1881	—	Thymbra in der Ebene von Troja
27	1883 gefunden	—	Adalia, Konia
28	1886 Februar 4	6^{h} nachm.	Östl. von Thanax Kalesi[5]
29	1886 Februar 5	$9^{h}\,20^{m}$ nachm.	Etwas südlicher als Thanax-Kalesi[6]

Nord-Afrika

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	46 v. Chr.	—	Acilla (Acilia) bei Thapsus, südl. v. Carthago
2	481 n. Chr.	—	Afrika wo?[7]
3	856 Dezember	—	Sawaida (Savadi) südl. von Kairo
4	1021 zwisch. Juli 24 und August 21	—	Afrika wo?[8]
5	1280	—	Alexandria
6	1823 (1828) Jan. 9	—	Mortahiab und Dakhaliak, Egypten
7	1849 November 13	$6^{h}\,30^{m}$ nachm.	Tripolis
8	1850 Januar 25	—	Tripolis

Algerien

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1865 gefunden	—	Dellys[9]
2	1865 August 25	11^{h} vorm.	Senhadja, Aumale[9]
3	1867 Juni 9	$10^{h}\,30^{m}$ nachm.	Tadjéra, Setif Konstantine
4	1875 August 16	11—12^{h} vorm. mittags	Feid-Chair, La Calle, Konstantine
5	1888 gefunden	—	Haniét-el-Beguel, Ghardaia M'Zab
6	1892 gefunden	—	Hessi Jekner
7	1892 Mitte März	am Tage	Stadt Algier[10]
8	? gefallen	—	Zu D'El Golea

Marokko

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1868 Mai 29	$11^{h}\,26^{m}$ nachm.	Kap Spartel

[1]) Stein, welcher nach Apulejus daselhst aufbewahrt worden. — [2]) Dieser Stein wurde später nach Rom gebracht. — [3]) Hagel von Steinen. — [4]) Nach Buchner fraglich, ob ein Meteorit. — [5]) Nach Calvert. — [6]) Nach demselhen. — [7]) Vom Himmel gefallene feurige Steine. — [8]) Viele Steine his 5 Pfund schwer aus einer mit Blitz und Donner geladenen Wolke. — [9]) Gehören vielleicht heide einem Falle an. — [10]) Stein tötete einen Neger.

Die Verteilung dieser Fälle auf die Monate ergibt folgendes:

Monat	Fälle	Monat	Fälle
Januar	39 Fälle	Juli	47 Fälle
Februar	29 „	August	49 „
März	43 „	September	45 „
April	34 „	Oktober	31 „
Mai	60 „	November	38 „
Juni	52 „	Dezember	31 „
	257 Fälle		241 Fälle

Mehrfache Meteoritenfälle fanden statt:

Im Jan. am 1. = 5 Fälle „ „ „ 2. = 4 „ „ „ „ 9. = 4 „ „ „ „ 31. = 3 „	Im Febr. am 10. = 3 Fälle „ „ „ 15. = 3 „ „ „ „ 19. = 3 „	Im März am 1. = 3 Fälle „ „ „ 8. = 4 „ „ „ „ 12. = 4 „ „ „ „ 15. = 2 „ „ „ „ 22. = 3 „
Im April am 10. = 4 Fälle „ „ „ 26. = 3 „	Im Mai am 4. = 3 Fälle „ „ „ 11. = 4 „ „ „ „ 14. = 3 „ „ „ „ 17. = 6 „ „ „ „ 18. = 3 „ „ „ „ 19. = 5 „ „ „ „ 22. = 4 „ „ „ „ 26. = 5 „	Im Juni am 3. = 4 Fälle „ „ „ 7. = 4 „ „ „ „ 9. = 4 „ „ „ „ 13. = 3 „ „ „ „ 17. = 3 „ „ „ „ 28. = 4 „
Im Juli am 4. = 5 Fälle „ „ „ 8. = 3 „ „ „ „ 19. = 3 „	Im Aug. am 1. = 3 Fälle „ „ „ 5. = 3 „ „ „ „ 10. = 5 „	Im Sept. am 5. = 3 Fälle „ „ „ 7. = 5 „ „ „ „ 9. = 4 „ „ „ „ 13. = 4 „ „ „ „ 14. = 5 „
Im Oktbr. am 1. = 4 Fälle „ „ „ 13. = 4 „ „ „ „ 30. = 3 „	Im Nov. am 12. = 3 Fälle „ „ „ 13. = 4 „ „ „ „ 20. = 3 „ „ „ „ 29. = 3 „	Im Dez. am 6. = 4 Fälle „ „ „ 13. = 5 „ „ „ „ 24. = 3 „

Fixsterne.

Statistik der Sterne in der Zone von + 65 bis + 70° nördl. Deklination, nach den Aufnahmen für die photographische Himmelskarte auf der Sternwarte zu Greenwich.[1])

Diese Aufnahmen geschahen mit dem photographischen Refraktor von 33 *cm* Öffnung und 3.43 *m* Brennweite, nahe dem Meridian. Die Platten für die Karten haben Exponierung von 40 Minuten, jene für die Sternkataloge, solche von 6 Minuten, 3 Minuten und 20 Sekunden. Die Zählungen wurden auf Flächen von je 45° in Rektaszension und 1° Deklination vorgenommen. Jede solche Fläche hat in der Zone von 65° Dekl. ein Areal von 4.67 Quadratgrad, in 66° Dekl. von 4.48, in 67° von 4.31, in 68° von 4.12, in 69° von 3,94 Quadratgrad. Aus den Tabellen der Abhandlung möge hier folgende Übersicht hervorgehoben werden:

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 120.

			Bei einer Expositionsdauer von		
			20 Sek.	3 u. 6 Min.	40 Min.
Zahl der Sterne dieser Zone in der Bonner Durchmusterung	9.0 Größe u. heller	3094			
	überhaupt	8152			
Zahl der Sterne auf den photographischen Platten	auf wenigstens 2 Platten	6663	6663	38262	199776
	überhaupt auf allen Platten		11018	49014	229426

Bestimmungen der Parallaxen von 10 Sternen 1. Größe an der nördlichen Himmelshälfte. Diese Untersuchungen hat William L. Elkin am Heliometer der Yalesternwarte ausgeführt,[1]) und sie bilden gewissermaßen eine Ergänzung zu den Gillschen Messungen der Parallaxen von Sternen 1. Größe des südlichen Himmels.

Die Untersuchung zeigt, daß die Elkinschen Messungen mit größern zufälligen und systematischen Fehlern behaftet sind als diejenigen von Gill, doch verleiht ihre große Anzahl den definitiven Werten für die Parallaxen ein beträchtliches Gewicht. Diese Werte samt ihren berechneten wahrscheinlichen Fehlern sind:

α Tauri $\pi = +0.''109 \pm 0.''014$
α Aurigae $\pi = +0.''079 \pm 0.''021$
α Orionis $\pi = +0.''024 \pm 0.''024$
α Can. min. $\pi = +0.''334 \pm 0.''015$
β Gemin. $\pi = +0.''056 \pm 0.''023$
α Leonis $\pi = +0.''024 \pm 0.''020$
α Bootis $\pi = +0.''026 \pm 0.''017$
α Lyrae $\pi = +0.''082 \pm 0.''016$
α Aquilae $\pi = +0.''232 \pm 0.''019$
α Cygni $\pi = -0.''012 \pm 0.''023$

Von einigen dieser Sterne liegen ältere Parallaxenbestimmungen vor, unter denen aber nur bei α Canis minoris einige Übereinstimmung mit den neuen Gillschen Angaben gefunden wird. Man erkennt daraus, wie gering unsere heutigen Kenntnisse der Fixsternparallaxen überhaupt noch sind, und daß wir im Grunde genommen sicher nur wissen, daß sie in einigen Fällen an der Grenze der Wahrnehmbarkeit für unsere Instrumente stehen, in den meisten andern aber jenseits derselben.

Die Parallaxe des Doppelsterns δ Equulei. Dieser Stern 4. Gr., dessen Position am Himmel (für 1900.0) ist: AR $21^h\ 10^m$ D $+9^{\circ}\ 36'$, wurde von W. Herschel im Jahre 1781 als doppelt

[1]) Transactions of the Astr. Obs. of Yale University 1. Part. VI. New-Haven 1902.

erkannt, indem er einen Begleiter 10. Gr. in etwa 30″ Distanz sah. Im Jahre 1852 erkannte O. Struve am 15zolligen Refraktor zu Pulkowo, daß der Hauptstern für sich doppelt ist und aus zwei Sternen 4.5 und 5. Gr. besteht, die nur $^1/_3$″ voneinander entfernt waren. In den Jahren 1854 und 1855 konnten beide Sterne nicht mehr getrennt werden, und erst 1880 sah Burnham die Trennung deutlich; 1901 war sie auch am 36-Zoller der Licksternwarte zeitweise nicht zu sehen. Die Beobachtungen lehrten, daß die Umlaufszeit des Begleiters sehr kurz ist, und W. J. Hussey hat gezeigt, daß sie von 5.7 Jahren nicht sehr verschieden sein kann. Die andern Bahnelemente, welche derselbe für den Begleiter berechnete, sind folgende:

Zeit des Periastrons	$T = 1901.5$
Knotenlänge	$\Omega = 24.1°$ (für 1900.0)
Winkel zwischen Knotenlinie und der großen Achse	$\lambda = 179.0°$
Neigung der Bahnebene	$i = 82°$ oder $83°$
Exzentrizität der Bahn	$e = 0.46$
Scheinbare halbe große Achse der Bahn	$a = 0.28''$

Diese Bahnelemente sind nicht sehr genau, indessen werden sorgfältige Beobachtungen während der nächsten 3 Jahre hinreichen, die Genauigkeit derselben wesentlich zu erhöhen. Auf der Lick-sternwarte sind während der Epoche des letzten Periastrons mit dem Millsspektographen Bestimmungen der relativen Geschwindigkeit der beiden Komponenten des Hauptsternes in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde erhalten worden, und es ergab sich dafür der Betrag von 20,5 *km* pro Sekunde. Dieser Wert zusammen mit den Bahnelementen des Doppelsternes genügt, um daraus zunächst die in Bogensekunden ausgedrückte halbe große Achse der Bahn in Kilometern auszudrücken und weiterhin die Parallaxe des Doppelsternsystems, also seine Entfernung von der Erde, zu berechnen. Prof. William J. Hussey hat diese Rechnungen ausgeführt.[1]) Er findet für die Parallaxe den Wert $\pi = 0.071''$, und diesem entspricht eine wahre Entfernung von der Erde, welche 2 905 000 mal größer ist als die Entfernung der Sonne oder 61 Billionen Meilen beträgt. Prof. Hussey zeigt des nähern, daß der gefundene Wert für die Parallaxe schwerlich um 0.012″ irrig sein kann. Die Gesamtmasse beider Sterne des Systems ergibt sich weiterhin zu 1.89 Sonnenmassen, und wahrscheinlich ist der hellere an Masse unserer Sonne gleich. Der mittlere Abstand, in welchem beide Sterne während ihres Umlaufs sich voneinander befinden, ist etwa viermal so groß als die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, beträgt also rund 80 Millionen Meilen; da die Bahn beider Sterne indessen sehr exzentrisch ist, so können sie sich bis auf 40 Millionen Meilen einander nähern, aber bis zu 120 Millionen Meilen voneinander entfernen. Beide Sterne zeigen Spektren, welche mit dem Sonnenspektrum typisch überein-

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 32.

stimmen, und man kann annehmen, daß auch ihre mittlern Dichten derjenigen der Sonne näherungsweise gleich sind. Der vorliegende Fall ist der erste, in welchem die Entfernung eines (Doppel-)Sterns von der Erde unter Zuhilfenahme seiner spektrographisch ermittelten Bewegung bestimmt wurde, und diese Bestimmung erscheint mindestens ebenso zuverlässig als die besten direkten Messungen von Fixsternparallaxen, die zurzeit vorhanden sind.

Untersuchungen über den Lichtwechsel des Algol. Dieser Veränderliche ist nicht nur dadurch interessant, daß er der erste Stern gewesen, an dem man einen auf wenige Stunden beschränkten Lichtwechsel, der durch eine mehrere Tage dauernde Periode unveränderter Helligkeit von der nächsten Lichtabnahme getrennt ist, entdeckte, sondern auch gleichzeitig derjenige Stern, bei dem später zuerst die Ursache seines periodischen Lichtwechsels mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Heute wissen wir, durch die spektrographischen Aufnahmen und Untersuchungen von Prof. H. C. Vogel, daß dieser Lichtwechsel lediglich die Folge einer periodischen Verdeckung des Algol durch einen Begleiter ist, der mit ihm um den gemeinsamen Schwerpunkt kreist; wir wissen ferner, daß dieser relativ dunkle Begleiter im Durchmesser etwas kleiner sein muß als der helle Hauptstern, daß beider Mittelpunkte nur etwa um das Vierfache ihres Durchmessers voneinander entfernt sind, und es ist wahrscheinlich, daß beide Weltkörper von mächtigen Atmosphären umhüllt werden. Die Periodendauer, also die Zeit von einem Lichtminimum zum nächsten, beträgt im Durchschnitte nach Chandler 2 Tage $20^h\ 48^m\ 55^s$, allein sie ist veränderlich und schwankt innerhalb eines Zeitraumes von 141 Jahren um etwa 3 Stunden; 1773 war sie nahezu 3 Stunden kürzer, 1843 um ebensoviel länger als die mittlere Dauer, und gegenwärtig nimmt sie wieder ab, voraussichtlich bis zum Jahre 1914. Zur Erklärung dieser Erscheinung nahm Chandler an, daß Algol samt seinem Begleiter um einen dritten dunklen Körper in 141 Jahren eine kreisförmige Bahn beschreibt, wodurch er der Erde während jedes Umlaufes bald näher, bald entfernter steht. Der Durchmesser dieser Bahn würde der doppelten Schwankung der Periodendauer entsprechen, d. h. so lang sein, als die Strecke ist, welche der Lichtstrahl in 5 Stunden 46 Minuten durchläuft. Dies gibt eine Länge, welche etwa dem Durchmesser der Uranusbahn gleichkommt. Der französische Astronom und Mathematiker Tisserand führte dagegen die Veränderlichkeit der Periodendauer des Algol auf eine Abplattung desselben zurück, wodurch eine Drehung der großen Achse der Bahn des Begleiters hervorgerufen werden muß. Je nachdem die Achse in der einen Richtung oder in der andern zur Gesichtslinie liegt, ist der Begleiter um einen gewissen Betrag vorangerückt oder zurückgeblieben, und kommt die Verfinsterung entsprechend früher oder später. Der Betrag dieser

Verfrühung oder Verspätung von 173 Minuten führt auf eine Exzentrizität der Bahn von 0.132. In einer spätern Untersuchung hat Chandler die Periode der großen Ungleichheit zu 118 Jahren berechnet und ihren Betrag zu 147^m, dieses führt auf eine Exzentrizität von 0.112.

Für alle diese Schlüsse ist eine möglichst genaue Kenntnis des Verlaufes des Lichtwechsels von Algol von entscheidender Wichtigkeit. Eine dahin zielende neue Untersuchung hat unlängst A. Pannekoek in Leiden ausgeführt und darüber berichtet.[1]) Er verbreitet sich zunächst kurz über die Tisserandsche Erklärung. Die von diesem angenommene Drehung der Apsidenlinie als Folge der Abplattung des Hauptsternes wird als zutreffend vorausgesetzt. Die Abplattung des Hauptsternes hängt aber von der Rotationsdauer, der Dichtigkeit etc. ab, und daneben wird die weitere Deformation, besonders die Verlängerung der beiden Sterne in der Richtung ihrer Verbindungslinie, wie sie durch die gegenseitige Anziehung bewirkt wird, auch eine Drehung der Apsidenlinie verursachen. Pannekoek hat den Versuch gemacht, die Gestalt der beiden Sterne, besonders die des leuchtenden Hauptsternes, und die daraus daraus hervorgehenden Störungen der Bewegung genauer zu berechnen, wobei die Rechnungen mit verschiedenen Werten für die mittlere Entfernung und das Verhältnis der Durchmesser durchgeführt wurden. Bei den Werten, die der Wahrheit ziemlich nahe kommen werden, nämlich: mittlere Entfernung 4.5, Halbmesser des dunkeln Trabanten 0.44, den Halbmesser des Hauptsternes als Einheit gesetzt, findet sich die Abplattung $^1/_{35}$, die Verlängerung $^1/_{55}$; die drei Halbachsen, welche nach dem dunkeln Körper und senkrecht dazu gerichtet sind, und die Rotationsachse verhalten sich wie 1.0187:1.0005:0.9808. Diese Zahlen gelten für homogene Stoffverteilung; wenn die Oberflächenschicht eine geringere Dichtigkeit hat als die mittlere, so ändern sie sich um einen bestimmten Wert. Die Drehung der Apsidenlinie, welche sich aus diesem bedeutenden Betrage der Deformation ergibt, ist viel größer, als durch die Beobachtung angezeigt wird; es findet sich eine Drehung von 360^0 in 7 statt in 140 Jahren, und nur wenn die Oberflächendichte nicht größer als $^1/_9$ ist, wird Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung hergestellt.

Tisserand untersuchte in der oben genannten Arbeit, welchen Änderungen dabei die übrigen Verhältnisse des Lichtwechsels unterworfen sein müssen. Von größter Bedeutung war sein Resultat, daß eine mäßige Exzentrizität von ein paar Zehnteln keine Asymmetrie der Lichtkurve vor und nach dem Minimum verursachen kann, Die Asymmetrie, die sich aus den Beobachtungen von Schönfeld ergeben hatte, war vielfach als Wirkung einer Exzentrizität der Bahn gedeutet worden, obgleich schon die Rechnungen von Prof. Pickering

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3852.

ergeben hatten, daß nur eine sehr große Exzentrizität (von 0.5), welche aus andern Gründen unmöglich war, imstande ist, eine merkliche Asymmetrie zu geben. Namentlich waren es die von J. Harting in seiner Dissertation und von J. Wilsing im 7. Bande der Potsd. Publik. ausgeführten Berechnungen der Exzentrizität aus der Asymmetrie, deren Fehlerhaftigkeit im allgemeinen durch diesen Tisserandschen Aufsatz gezeigt wurde und jetzt in Einzelheiten in der vorliegenden neuen Arbeit nachgewiesen wird. Für die beobachtete Asymmetrie der Lichtkurve wird jetzt eine andre Erklärung gesucht werden müssen.

Daneben berechnete Tisserand, ob in der 140- (oder 118jährigen-) Periode eine Schwankung in dem Betrage der Lichtschwächung, also in der Helligkeit des Minimums und in der Dauer der Verfinsterung vorkommen müßte. Erstere Schwankung übergeht er als »assez faible«; Pannekoeks Rechnung ergab jedoch, daß sie einige Zehntel Größenklasse betragen müßte, also für die jetzigen Messungen und Schätzungen wohl merklich sei. Die berechnete Schwankung in der Dauer der Verfinsterung glaubte Tisserand durch die Differenz zwischen den Angaben für die ganze Dauer bei Wurm (6.5^h) und Schönfeld (9^h) bestätigt zu finden. Der Wert dieser Bestätigung ist aber zweifelhaft, da Wurm zweifelsohne nicht die ganze Dauer beobachtet hat und die äußersten Phasen, wo die Lichtstärke sich nur wenig ändert, nicht beachtete.

Es war daher der erste Zweck von Pannekoeks Arbeit über Algol, an dem zugänglichen Beobachtungsmateriale zu untersuchen, ob Schwankungen in der Helligkeit des Minimums und in der Dauer der Verfinsterung, wie sie die Theorie Tisserands fordert, nachzuweisen sind oder vielleicht durch die Beobachtungen widerlegt werden; daran wird man die Richtigkeit der Tisserandschen Theorie prüfen können. Daneben war es seine Absicht, den Betrag und den Verlauf der Asymmetrie zu verschiedenen Zeitpunkten an verschiedenen Beobachtungsreihen zu untersuchen, wodurch voraussichtlich ein Beitrag zu ihrer Erklärung zu leisten war.

Für diese Untersuchung hat Pannekoek alle vorhandenen bessern Beobachtungen, sowohl die Helligkeitsschätzungen nach Argelanders Methode als die auf der Harvardsternwarte und in Potsdam angestellten photometrischen Messungen benutzt. Es ergab sich, daß bezüglich des Verlaufes der Lichtkurven große Verschiedenheiten unter den Beobachtungsergebnissen stattfinden; selbst die Ergebnisse der photometrischen Messungen weichen voneinander ab insofern, als bei den Potsdamer Messungen die Abnahme, bei den Cambridger die Zunahme des Lichtes langsamer ist. Schließlich kommt Pannekoek zu der Annahme, daß die Ab- und Zunahme des Lichtes um das Minimum herum völlig gleichförmig erfolgt, die Lichtkurve also symmetrisch ist.

Sehr schwierig gestaltet sich die Feststellung der Helligkeit des Algol im Minimum. Die Resultate jedes einzelnen Beobachters, sagt

Pannekoek, sind in einer individuellen Skala von Sternhelligkeiten ausgedrückt; um sie mit andern vergleichen zu können, hat man die Skalen aufeinander zu reduzieren, und dazu muß man wissen, aus welchen Ursachen die gegenseitige Helligkeit der Sterne von verschiedenen Beobachtern verschieden geschätzt wird. Es ist bekannt, daß die Farbe dabei einen bedeutenden Einfluß hat; um ihn genau feststellen zu können, ist aber eine genaue Kenntnis der Sternfarben nötig, welche wir seit kurzem dem Farbenkataloge von H. Osthoff entnehmen können. Da wir jetzt auch über bedeutende und genaue photometrische Messungen der Fixsterne verfügen, erscheint es möglich, eine allgemein gültige, genaue Vergleichssternskala aus diesen Messungen und den Stufenschätzungen geübter Beobachter zu bilden, auf welche die schon abgeleiteten und benutzten individuellen Skalen reduziert werden können.

Pannekoek teilt im einzelnen mit, auf welche Weise er zu der von ihm aufgestellten Normalskala für die Helligkeiten der Vergleichssterne gelangte.

Pannekoek hat nun aus allen Beobachtungsreihen die Helligkeit des Algol im kleinsten Lichte abgeleitet und auf diese Normalskala reduziert. Es findet sich im Mittel dafür die Sterngröße 3.42. Nach der Tisserandschen Theorie sollte das Minimum im Jahre 1814 am schwächsten, 1873 am hellsten sein. Von einem solchen periodischen Wechsel zeigen die Zahlen aber keine Spur.

Findet sich hierin keine Bestätigung der Theorie, so doch auch keine entschiedene Widerlegung; die Helligkeit zeigt sich nicht konstant, sondern weist erhebliche Variationen auf. Weil die auf gleiche Zeiten fallenden Resultate Unterschiede bis zu 0.14 aufweisen, während der größte überhaupt vorkommende Unterschied 0.18 ist, wird man den Ursprung dieser Differenzen nicht in wirklichen Schwankungen der Algolhelligkeit, sondern hauptsächlich in systematischen Fehlern der Beobachtungen zu suchen haben. Die Hoffnung, daß durch die Reduktion aller Beobachungsresultate auf eine feste und genaue Normalskala ihre systematischen Differenzen verschwinden würden, hat sich also nicht erfüllt. Ein Versuch, die systematischen Differenzen zwischen den hauptsächlichsten Beobachtern aus den gemeinsam beobachteten Minimis zu bestimmen, scheiterte an der geringen Anzahl dies Minima. Daher war es auch nicht möglich, geringere kurzperiodische Schwankungen, wie sie z. B. durch die Schönfeldschen Reihen 1853—1875 angedeutet waren, unzweideutig zu bestimmen.

Die Ursache dieser großen Abweichungen liegt zum Teile in einer Befangenheit der Beobachter; irrtümliche Erwartungen über die Helligkeit beeinflussen die Schätzungen. Daneben sind Unregelmäßigkeiten des Lichtwechsels und Verschiedenheiten in Zeit, Helligkeit und Verlauf zwischen den verschiedenen Minimis möglich. Obgleich solche Anomalien in der einfachen Trabantentheorie keine Erklärung finden,

werden sie von verschiedenen Beobachtungsreihen angezeigt. Um sie über jeden Zweifel zu erheben, sind gleichzeitige Beobachtungen mehrerer Astronomen notwendig, also eine viel regere Beschäftigung mit diesem Sterne, wobei besonders photometrische Messungen wertvoll sind, da sie nicht oder viel weniger unter dem Einflusse vorgefaßter Meinungen stehen.«

»Die Dauer der Verfinsterung ist schwer zu ermitteln, da die Willkür im Ziehen der Lichtkurve bei der langsamen Änderung zu Anfang und Ende große Differenzen geben kann. Da es sich hier, zur Prüfung der Tisserandschen Theorie, nur um relative Ergebnisse handelt, wurde aus allen Beobachtungsreihen Anfang und Ende bestimmt mittels derselben Kurve. Dazu wurden nur Schätzungen oder Mittel benutzt, die weiter als 3^h von dem Minimum entfernt waren, und es wurde ein Lichtkurvenstück aus einigen Reihen abgeleitet, wo 1^h, 2^h und 2.5^h von dem Ende die Größe um 0.062, 0.229 und 0.361 Größenklassen unterhalb des vollen Lichtes lag. Die Resultate sind:

Beobachter	Halbe Dauer	Mittl. Fehler	Period. Glied
	h m	m	m
Argelander . . .	5 3	13	+ 3
Schönfeld 1859 bis 70	4 46	2.3	+ 19
Schönfeld 1869 bis 75	4 45	1.2	+ 21
Harvard	5 2	5	+ 20
Müller	5 16	6	+ 20
Plaßmann	5 20	3	+ 11
Pannekoek . . .	5 19	8	+ 8

Nach der Tisserandschen Theorie sollten diese Werte für die halbe Zeitdauer der Verfinsterung von einem Mittelwerte um Beträge abweichen, die unter »Period. Glied« stehen. Es zeigt sich, daß eine solche periodische Schwankung nicht zutrifft; die Ergebnisse weichen unregelmäßig voneinander ab um Beträge, die den mittlern Fehler vielfach übertreffen.

Auch hier wird man die Differenzen nicht dem Verhalten des Sternes, sondern systematischen Fehlern zuschreiben müssen, wenn auch eine befriedigende Erklärung dafür noch nicht zu geben ist. Eine Betrachtung der Beobachtungen Goodrickes zeigt, daß auch zu seiner Zeit die halbe Dauer nur wenig von 5 Stunden verschieden war.«

Die Gestalt der Lichtkurve wurde aus verschiedenen Beobachtungsreihen abgeleitet und mit der Rechnung verglichen, wobei außer mit der einfachsten Annnahme einer gleichmäßig erleuchteten Algolscheibe die Rechnung auch durchgeführt wurde mit einer Helligkeitsverteilung gleich der auf der Sonnenscheibe stattfindenden.

Es zeigten sich in den Beobachtungsreihen merkliche Differenzen. Die Lichtkurven aus Argelanders Beobachtungen und den photo-

metrischen Messungen zu Potsdam und Cambridge stimmen mit der Rechnung gut überein unter der Annahme, daß der Durchmesser des Algoltrabanten 0.9 von dem des Algol beträgt, und die Helligkeitsverteilung auf der Algolscheibe in bezug auf Schwächung seines Lichtes am Rande etwas weniger ausgesprochen ist als auf der Sonnenscheibe. Die große Halbachse der Bahn des Trabanten ergibt sich = 4.0, wenn der Halbmesser Algols = 1.0 gesetzt wird und die Neigung der Bahn zu 6.7°. Die nachgewiesene Symmetrie der Lichtkurve vor und nach dem Minimum spricht völlig zugunsten der Trabantentheorie, während die Tatsache, daß weder in der Helligkeit des Minimums, noch in der Dauer der Verfinsterung eine periodische Schwankung erkennbar ist, geeignet erscheint, Zweifel an der Richtigkeit der Tisserandschen Hypothese zu erwecken. Für die Erklärung der großen Ungleichheit müßte man dann auf die Chandlersche Theorie zurückgreifen, wobei die von Boß hervorgehobenen Spuren einer unregelmäßigen Eigenbewegung wieder eine erhöhte Bedeutung bekommen. Die Entscheidung darüber wird eine genaue spektrographische Bahnbestimmung geben können; diese kann zeigen, ob die Exzentrizität der Bahn 0,11 oder bedeutend kleiner ist.

Das Hauptergebnis dieser Untersuchungen liegt aber, wie Pannekoek betont, »in dem Nachweise des Vorhandenseins unerwarteter systematischer Fehler aller Art, sowohl in den photometrischen Messungen wie in den Stufenschätzungen. Nur eine viel intensivere und regelmäßigere Beschäftigung mit dem Lichtwechsel Algols wird uns in den Stand setzen, diese künftighin zu bestimmen, ihren Einfluß aufzuheben und das wirkliche Verhalten des Sternes kennen zu lernen.«

Über die Dimensionen und Bahnverhältnisse des Doppelsystems Algol hat C. Rödiger eine neue Untersuchung angestellt.[1]) Nachdem Prof. Vogel in Potsdam aus seinen spektrometrischen Aufnahmen erkannt hatte, daß die lange gehegte Vermutung, der veränderliche Stern Algol sei ein Doppelsystem, bestehend aus einem hellen und einem dunklen Sterne, der Wirklichkeit entspreche, hatte er auf Grund der damals vorliegenden Beobachtungen der Lichtkurve Werte für den Durchmesser Algols und seines dunklen Begleiters, sowie für den Abstand beider in Kilometern berechnet. Die Genauigkeit dieser berechneten Werte beruht auf der Genauigkeit, mit der die Lichtkurve Algols ermittelt ist. In dieser Beziehung liegen gegenwärtig photometrische Messungen von Prof. Müller in Potsdam vor, welche diese Lichtkurve etwas anders und jedenfalls genauer darstellen, als man vor 12 Jahren dieselbe kannte. Die Ab- und Zunahme der Helligkeit des Sternes ist z. B. keineswegs gleichmäßig, d. h. die Lichtkurve ist nicht symmetrisch, auch ist die Zeitdauer der ganzen Lichtschwankung erheblich länger, als man früher annahm. Unter Berücksichtigung

[1]) Inaug.-Dissert. Jena 1902.

dieser Tatsachen und unter gewisser provisorischer Annahme für den Durchmesser des dunklen Begleiters hat nunmehr C. Rödiger die beobachteten Helligkeitswechsel mit der Theorie verglichen und der besten Übereinstimmung gemäß neue Werte für die Dimensionen der beiden Sterne und ihrer Bahn umeinander abgeleitet. Er findet für den Algol einen Durchmesser von 1 569 000 *km*, für seinen dunklen Begleiter einen solchen von 1 177 000 *km* und für den Abstand beider eine Distanz von 5 562 000 *km*, während der Durchmesser unserer Sonne 1 380 000 *km* beträgt. Diese Werte weichen wenig von den früher durch Vogel und Wilsing gefundenen (1 707 000, 1 336 000, 5 194 000 *km*) ab. Werden beide Weltkörper an durchschnittlicher Dichte einander gleich angenommen, so besitzt der Hauptstern 0.588, der Begleiter 0.248 von der Masse unserer Sonne und ihre mittlere Dichte ist 0.25 von der Dichte der Sonne. Beide Weltkörper bewegen sich umeinander in einer nahezu kreisförmigen Bahn, denn die Exzentrizität der letztern kann schwerlich größer als 0.0015 sein. Der Winkel der Bahnebene mit der Gesichtslinie zur Erde beträgt 4.9°. Vogel und Wilsing haben angenommen, daß die beiden Sterne des Algolsystems von sehr hohen Atmosphären umgeben seien, doch ist es schwer, aus den Helligkeitsbeobachtungen am Algol darüber Gewißheit zu erlangen. Besitzen beide Sterne in der Tat solche Atmosphären, so muß ihre Dichte merklich geringer sein, als oben angegeben, und ähnliche geringe Dichtigkeiten haben sich bei andern spektroskopischen Doppelsternen in der Tat herausgestellt.

Über die Lichtkurve von β Lyrae macht W. Stratonow auf Grund seiner Beobachtungen 1895—1898 mehrere wichtige Bemerkungen.[1])

Es ist wohl, sagt er, Argelanders hoher Autorität zuzuschreiben, wenn alle Erforscher des Lichtwechsels von β Lyrae hauptsächlich nach einer Bestätigung der typischen, von diesem Astronomen gegebenen Form der Lichtkurve des genannten Sternes streben, welche, wie bekannt, zwei gleiche Maxima und zwei ungleiche Minima besitzt. Zwar wurden mehrmals Abweichungen von der Argelanderschen Lichtkurve bemerkt, doch wurden dieselben teilweise durch Beobachtungsfehler, anderseits auch durch von der Zeit abhängige Veränderungen in der Gestalt dieser Kurve erklärt, Meines Wissens war der verstorbene Ed. Lindemann der erste, welcher bei der Bearbeitung der Plaßmannschen Beobachtungen gelegentlich die Hypothese aufstellte, »daß das erste Maximum, wenigstens zu unserer Zeit, kein einfaches ist, sondern aus zweien bestände, von denen das zweite ungefähr in $5^d\ 4^h$ nach dem Hauptminimum aufträte, und daß zwischen diesen beiden Maxima ein drittes Minimum ($4^d\ 15^h$ nach dem Hauptminimum) läge«. Lindemann wies auch auf eine ähnliche Erschei-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3871.

nung gegen das Ende des 2. Maximums hin. Jedoch entschloß er sich nicht, diese Abweichungen in die Konstruktion seiner Lichtkurve einzutragen, obgleich beide sekundären Minima auf Lindemanns Karte recht deutlich hervortreten. Pannekoek bestätigte in seinen »Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyrae« das Vorhandensein dieser Lindemannschen Einbuchtungen, fand aber außerdem noch »eine Unregelmäßigkeit in der Nähe des Hauptminimums, wo der Stern vor der angenommenen Minimumzeit schwächer erscheint, darauf bei ungefähr 0.0 ^{d} zunimmt, einen halben Tag konstant bleibt, oder etwas abnimmt und dann erst schnell zu steigen anfängt. Auch bei Argelander ist dasselbe zu bemerken.« Aber auch Pannekoek führt die gefundenen Anomalien in die von ihm konstruierte mittlere Lichtkurve nicht ein.

Es scheint aber, daß die Ausgleichung solcher Anomalien nur bis zu einer gewissen Grenze getrieben werden darf, andernfalls könnten beständige Vernachlässigungen für temporär angenommener Unregelmäßigkeiten Eliminationen von reellen Details zur Folge haben. Solche Anomalien nämlich, welchen man beständig in einer und derselben Lichtphase und dazu bei verschiedenen Beobachtern begegnet, dürften schon in die Konstruktion der Lichtkurve eingeführt werden. Anomalien dieser Art ergaben sich bei Bearbeitung meiner Beobachtungen von β Lyrae während der Jahre 1895—1898.

Stratonow teilt nun die Daten zur Konstruktion der Lichtkurve von β Lyrae nach seinen Beobachtungen und ebenso nach dem Mittelwert aus den Beobachtungen von Schur, Plaßmann, Pannekoek, Glasenapp, Menze und ihm selbst mit. Schon beim ersten Blicke zeigen sich Ähnlichkeiten in dem Verlaufe beider Kurven, aus denen hervorgeht, daß der größte Teil dieser Biegungen sicher ist und nicht Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden kann.

Folgendes sind die hauptsächlichsten Abweichungen dieser Art, gerechnet vom Augenblicke des Lichtminimums an:

1. Welle bei 0.2 ^{d}, von Pannekoek angezeigt. Man sieht sie nicht nur in den angeführten Kurven, sondern auch in den Beobachtungen Argelanders und Schönfelds. Eine gewisse Andeutung dieser Welle ist auch bei Oudemans zu sehen. Vollständig sicher.
2. Vertiefung bei 1.7 ^{d}. Sehr schwach, auf Stratonows Kurve nicht sichtbar. Wahrscheinlich.
3. Welle bei 2.0 ^{d}. Findet sich auch bei Argelander, Oudemans und Schönfeld. Vollständig sicher.
4. Eine leichte Vertiefung bei 3.0 ^{d}. Zu sehen bei Argelander. Sicher.
5. Vertiefung bei 3.9 ^{d}. Bei Argelander, Oudemans und Schönfeld. Vollständig sicher.
6. Nach dem Maximum bei 4.1 ^{d} ein neues Minimum bei 4.8 ^{d}. Bei Lindemann angedeutet und von Pannekoek bestätigt; bei Argelander und Oudemans. Vollständig sicher.
7. Konstante Lichtstärke (oder kleine Zunahme) neben dem Minimum II von 6.0 ^{d}—6.4 ^{d}. Bei Argelander und Oudemans. Ziemlich sicher.
8. Vertiefung bei 7.5 ^{d}. Bei Argelander (sehr schwach) und Oudemans. Ziemlich sicher.

9. Minimum bei 8.9 d. Bei Argelander (etwas später) und Schönfeld. Ziemlich sicher.

10. Ähnliches Minimum bei 9.5 d. Dem Minimum bei 3.0 d symmetrisch. Bei Schönfeld. Ziemlich sicher.

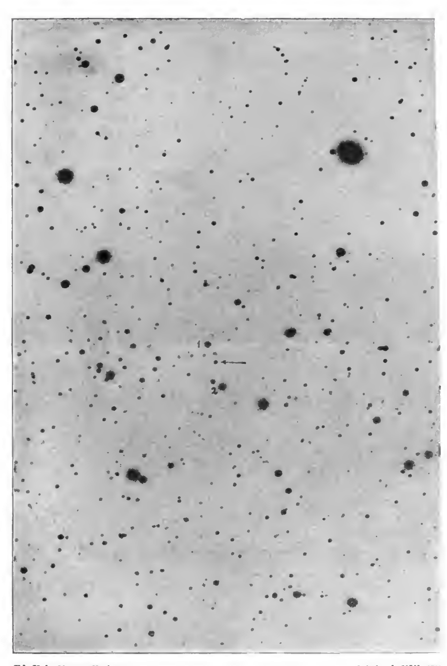
11. Minimum bei 10.5 d, von Lindemann angedeutet. Bei Argelander unh Oudemans. Vollständig sicher.

12. Kleine Vertiefung bei 11.0 d. Bei Stratonow schwach zu sehen; gut sichtbar, bei Argelander. Sicher.

Das Spektrum des Veränderlichen *o* Ceti (Mira) ist auf der Licksternwarte von Joel Stebbins beobachtet worden.[1] Das benutzte Instrument war der Millsspektrograph, aber nur mit einem Prisma, das zwischen der Wellenlänge λ 3700 und λ 5600 gute Bilder liefert. Die Länge des zwischen diesen Grenzen erhaltenen Spektrums beträgt 28 *mm*, und obgleich die Dispersion nur etwa ein Fünftel von der des 3-Prismen-Instruments ist, genügt sie doch, um recht gute Bestimmungen der Geschwindigkeit (durch die Linienverschiebungen) zu gestatten. Ferner gibt bei guter Luft die Exponierung von 10 Minuten Dauer ein befriedigendes Negativ von Sternen 5. photographischer Größe. Das würde für einen Stern 10. Gr. eine Expositionsdauer von 16 Stunden und darüber erforderlich machen. In der Tat ergab sich, daß, als *o* Ceti im kleinsten Lichte war, unter Benutzung der besten Platten eine Aufnahme von 6 Stunden Dauer nicht ausreichte, ein meßbares Bild zu liefern, obgleich mancherlei darauf gesehen werden konnte. Während jeder Aufnahme wurde das Vergleichsspektrum mindestens viermal eingeschaltet und in befriedigender Schärfe mit aufgenommen. Die technischen Einzelheiten bezüglich der Vergleichslinien und Messungsmethoden können hier übergangen werden. Die Zahl der für die Untersuchung benutzten Platten beträgt 22, und sie verteilen sich über die Zeit vom 27. Juni 1902 bis zum 5. Januar 1903, während deren der Stern von 3.8 Gr. bis zum Minimum 9.2 Gr. sank und wieder etwas an Helligkeit zunahm. Außerdem waren noch 3 Platten vorhanden, die im August 1901 von Wright aufgenommen worden waren.

Es ist bekannt, daß *o* Ceti ebenso wie die andern Veränderlichen von längerer Periode ein Absorptionsspektrum vom 3. Secchischen Typus zeigen. Einige Beobachter haben gefunden, daß die Region des Spektrums von Hγ gegen das rote Ende hin von einer Reihe dunkler Streifen durchzogen ist, die gegen Violett hin scharf abgeschnittene Begrenzung zeigen; ferner wird berichtet, daß von Hγ gegen das ultraviolette Ende hin, daß Spektrum in bezug auf seine dunklen Linien sehr große Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum zeigt. Auf den ersten Blick scheinen die von Stebbins erhaltenen Platten diese Meinung zu bestätigen, allein ein genaues Studium lehrt, daß in beiden Spektren die Details sehr verschieden sind. Die bei Untersuchung der Spektra angewandte Methode bestand darin,

[1] Lick-Observatory Bulletin Nr. 41.



Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch XIV, 190
Tafel II.

Der Veränderliche 10 1903 in der Leyer.
Photographische Aufnahme von Prof. M. Wolf.

die Negative von *o* Ceti Seite an Seite unter dem Mikroskop mit demjenigen der Luft (Sonne) zu vergleichen.

Die starken Kalziumlinien g, H und K sind in dem Spektrum des Veränderlichen vorhanden, doch ist *g* sehr viel weniger intensiv als im Sonnenspektrum. Die starken Eisenlinien des letztern sind im Spektrum von *o* Ceti nicht so hervortretend, bei geringer Dispersion sieht man sie gar nicht. Unter der großen Anzahl Linien des Sternspektrums finden sich nur wenige, welche mit solchen von ähnlicher Intensität im Sonnenspektrum zusammenfallen. Das Absorptionspektrum von Mira wurde auf 7 Platten genau vermessen, jede davon unabhängig für sich. Es ergab sich, daß die Lage der untersuchten Linien in bezug auf ihre Wellenlängen während der ganzen Zeit der Beobachtung und ebenso seit August 1901 sich nicht merklich veränderte, d. h. daß die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie gegen die Erde unverändert geblieben ist. Mit dem Helligkeitswechsel hängt dieselbe also nicht zusammen. Durch Vergleich von bestimmten dunklen Linien mit solchen des Sonnenspektrums, die denselben Stoffen angehören, ergab sich, daß der Stern *o* Ceti mit einer konstanten Geschwindigkeit von 66 *km* in der Sekunde in der Gesichtslinie sich von der Sonne entfernt. Im Jahre 1898 hatte Prof. Campbell mit dem 3-Prismen-Spektrographen diese Geschwindigkeit zu 62 *km* gefunden; die Übereinstimmung beider Ergebnisse ist also sehr befriedigend. Was die einzelnen Elemente anbelangt, so sind in dem Spektrum des Veränderlichen folgende mit der beigefügten Zahl von dunklen Linien vertreten:

Kalzium	mit	6	Linien
Eisen	„	11	„
Chrom	„	9	„
Vanadium	„	11	„
Aluminium	„	2	„
Strontium	„	1?	„
Mangan	„	3?	„
Titan	„	2?	„

Die erstgenannten 4 Elemente sind wohl ohne Zweifel in der Atmosphäre des Veränderlichen vorhanden, von den andern ist dies ungewiß. Von wirklichen Änderungen im Aussehen sind nur solche bei der Kalziumlinie *g* (λ 4227.84) sicher; sie wird mit abnehmender Helligkeit des Sternes breiter. Von andern dunklen Linien läßt sich gleiches vermuten, aber nicht sicher beweisen. Die Linien H und K sind auf den meisten Platten nicht erkennbar, und daher kann nichts über etwaige Veränderungen ihres Aussehens gesagt werden. Einige Linien, die auf frühern Platten nicht sichtbar waren, wurden später deutlich, die folgenden vier haben die beigesetzten Wellenlängen: λ 3990.64, 4045.16, 4093.55, 4097.08, keine von ihnen kann mit entsprechenden Linien im Sonnenspektrum identifiziert werden. Die hervorragenden dunklen Banden im Spektrum der Mira sind von

einigen Beobachtern als Streifen mit scharfem Rande gegen Violett und mit abschattendem gegen Rot hin betrachtet worden; andere betrachten sie als helle Kannelierungen, ähnlich denjenigen im Bogenspektrum des Kohlenstoffs. Stebbins sieht sie als dunkle Absorptionsbanden an. Gleichzeitig mit *o* Ceti wurden auch Aufnahmen der hellern veränderlichen Sterne α Herculis, β Pegasi, β Persei, α Ceti und α Orionis gemacht, um die Lagen der dunklen Banden untereinander vergleichen zu können. Es ergab sich, daß die Positionen derselben bei allen diesen Sternen im Mittel mit denjenigen in *o* Ceti genügend übereinstimmten, sobald die verschieden großen radialen Geschwindigkeiten dieser Sterne berücksichtigt werden.

Pater Sidgreaves hat bereits gefunden, daß gewisse Regionen des kontinuierlichen Spektrums der Mira in ihrer relativen Helligkeit Veränderungen zeigen, wenn der Stern schwächer wird. Diese Veränderungen sind durch die Untersuchungen von Stebbins bestätigt worden.

Die bemerkenswertesten Erscheinungen im Spektrum der Mira sind die hellen Linien, von denen es durchzogen ist. Mehrere Wasserstofflinien haben durch ihre Helligkeit, wenn der Stern nahe dem Maximum ist, schon die frühern Beobachter in Verwunderung gesetzt. Als eigentümlich wurde bemerkt, daß die Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$ und $H\varepsilon$ fehlen, während andere der Wasserstoffserie, z. B. $H\gamma$ und $H\delta$, sehr hell erscheinen. Im ganzen wurden von ihm auf 9 Platten nach und nach 23 helle Linien gefunden und deren Wellenlängen gemessen, außerdem noch zehn helle Stellen, von denen es unentschieden bleiben muß, ob sie helle Linien sind oder lediglich Zwischenräume zwischen dunklen Banden. Die genaue Untersuchung ergab, daß diese hellen Linien während der Periode des Lichtwechsels ihre Positionen ebensowenig ändern als die dunklen. Unter den hellen Linien ist die Wasserstoffserie unzweifelhaft vorhanden, aber ob andere Linien, wie es scheint, dem Eisen und dem Mangan angehören, muß noch offene Frage bleiben. Bemerkenswert ist, daß eine helle Linie an jeder Seite der starken Kalziumlinien g, H und K erscheint, aber allem Anscheine nach nicht eine doppelte Umkehr dieser Linien darstellt. Versuche während der Monate Juni und Juli 1902, als Mira die Helligkeit eines Sternes 4. bis zuletzt 5. Gr. zeigte, das Spektrum mit dem 3 - Prismen - Instrument zu photographieren, mißlangen, da es unmöglich war, die Aufnahme lange genug fortzusetzen, um das kontinuierliche Spektrum in genügender Intensität zu erhalten. Nur die Linie $H\gamma$ und zwei andere helle Linien erschienen; $H\gamma$ war auf allen Platten einfach, anscheinend nahe monochromatisch, aber gegen die violette Seite des Spektrums hin etwas schärfer abgeschnitten als gegen Rot. So fand auch Campbell 1898 diese Linie, nahe um die gleiche Zeit nach dem Maximum der Helligkeit des Sternes; dagegen fand er sie von 5—2 Wochen vor diesem Maximum dreifach. Messungen auf den mit dem 3-Prismen-Instru-

ment erhaltenen Platten ergaben für die Linie Hγ eine Verschiebung von im Mittel + 0.65 zehnmilliontel Millimeter. Die dunklen Linien dieser Region des Spektrums sind sowohl nach den Messungen von Campbell (1898), als nach den neuen von Stebbins im Mittel um + 0.25 mehr (gegen die rote Seite des Spektrums) verschoben als die hellen. Von besonderem Interesse sind darunter die beiden Linien mit den Wellenlängen λ 4308 und 4376, welche möglicherweise dem Eisen zugehören. Sie erscheinen auf einigen Platten von Stebbins jede als helle Linie mit einer dunklen an der Seite gegen Rot hin. Wenn diese hellen Linien Eisenlinien sind, so sind sie um den gleichen Betrag verschoben wie die Wasserstofflinien, und wenn Eisendämpfe die dunklen Absorptionslinien neben den hellen verursachen, so ist die Verschiebung die nämliche wie die der andern dunklen Linien. Die hellen Linien zeigen ebenfalls Veränderungen in ihrer Intensität, ohne daß es jedoch gelang, etwas Gesetzmäßiges hierüber in Beziehung auf den Lichtwechsel des Sternes zu ermitteln; auch meint Stebbins, daß zu einer befriedigenden spektrographischen Untersuchung des Sternes in allen Phasen seiner Helligkeit, der große Refraktor der Licksternwarte nicht ausreiche, sondern der Spektrograph mit einem großen Reflektor verbunden werden müsse.

Schließlich kommt er zu dem Ergebnis, daß die Unveränderlichkeit der radialen Geschwindigkeit von Mira den strengen Beweis liefere, daß die Veränderungen der Helligkeit dieses Sternes nicht durch die Einwirkung eines Begleiters desselben hervorgerufen werden, falls nicht dieser Begleiter eine sehr geringe Masse besitzt, sich in sehr exzentrischer Bahn bewegt und dem Hauptsterne sehr nahe kommt. Die großen Unregelmäßigkeiten in der Lichtkurve schließen die Annahme eines Doppelsystems bei Mira so wie so fast völlig aus. Die bemerkenswerte Helligkeitsverteilung in dem Liniensystem des Wasserstoffs, welches das Spektrum des Sternes zeigt, ist zurzeit noch nicht zu erklären, ebenso die Anwesenheit der hellen Eisenlinien λ 4308 und 4376, beim völligen Fehlen anderer Eisenlinien, ebenso mehrere andere Umstände.

Die großen Veränderungen, welche in der relativen Intensität der Wasserstoff- und anderer Linien und in dem kontinuierlichen Spektrum beobachtet werden, zeigen aber, daß die Helligkeitsabnahme des Sternes durch andere Vorgänge bedingt wird, als durch die allgemeine Absorption. Stebbins kommt schließlich zu dem Ergebnisse, daß die Helligkeitsänderungen der Mira durch die Wirkungen innerer Kräfte dieses Sternes verursacht werden.

Der Veränderliche 10. 1903 Lyrae, den Prof. Seeliger angezeigt,[1]) hat nach Dr. Hartwig [2]) eine Periodendauer von 250 Tagen.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3857.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3873.

Die geringste Helligkeit scheint nicht unter 15.6 Größe herabzugehen. Die Lichtzunahme verläuft rascher als die Abnahme.

Eine photographische Aufnahme der Umgebung dieses Sternes hat Prof. W. Wolf 1903 Mai 30 mit vierstündiger Beleuchtung des 16-zolligen Bruceteleskops erhalten. Eine Reproduktion dieser Aufnahme, die Prof. Wolf in Nr. 3884 der »Astronomischen Nachrichten« gibt, ist etwas verkleinert auf Tafel II wiedergegeben. Der Veränderliche, auf den ein Pfeil hinweist, ist in der Lichtzunahme begriffen und etwa 13. Größe.

Der Veränderliche SS Cygni. Dieser 1896 von Miß Luise D. Wells auf photographischen Platten des Harvardobservatory entdeckte Veränderliche steht am Himmel in

$$\text{AR } 21^h\ 38^m\ 46^s,\ D + 43^0\ 7.6'$$

(für 1900) und gehört nach E. Hartwig zu den merkwürdigsten veränderlichen Sternen. Er leuchtet nach längerer Konstanz der Helligkeit plötzlich auf, innerhalb 24 Stunden um 2.5 Größenklassen, und erreicht in abwechselnd 3^h und 6^h ein Maximum 8. Gr., in dem er nur wenige Stunden verweilt, um in etwa 9^h auf das Minimum (12.5 Größe) herabzusinken. Hartwig macht jetzt[1]) auf eine neue Merkwürdigkeit dieses Sternes aufmerksam. »Während«, sagt er, »der ihm ähnliche Veränderliche U Geminorum alle 3 Monate aufzuleuchten pflegt, wobei aber Erscheinungen auch ganz ausfallen, hat SS Cygni insofern gegensätzlich eine gewisse Regelmäßigkeit, als sein Aufleuchten innerhalb eines Zeitintervalles von mindestens 32 oder höchstens 68 Tagen sich bestimmt wiederholt. Dabei hat seit 1896 mit nur 2 Ausnahmen eine lange Erscheinung mit einer kurzen abgewechselt. Eine Gesetzmäßigkeit hat sich aber für die Zwischenzeit noch nicht auffinden lassen.

Beiden Arten des Verlaufes war die außerordentlich rasche Lichtzunahme gemeinsam, bei welcher der Stern von der Helligkeit 10.9 Gr. bis zu der von 8.9 Gr. in weniger als 18 Stunden aufstieg. In den beiden letzten Erscheinungen (1903 Februar 12 und April 3) hat sich aber eine höchst merkwürdige Abweichung gezeigt, die schon einmal in der Erscheinung Ende November 1899 beobachtet wurde. Aber neu ist die Wiederholung der Abweichung bei zwei aufeinander folgenden Erscheinungen. Die Abweichung besteht darin, daß das vorhin genannte Helligkeitsintervall zwischen der Größe 10.9—8.9 nicht mehr in weniger als 18 Stunden, sondern in länger als 6 Tagen durchlaufen wurde, beide Male mit ausgeprägten Stillständen. Bei der ersten Erscheinung im Februar zeigte auch das abfallende Licht, das sonst stets ganz gleichmäßig verläuft, eine Verzögerung vom 15. auf den 16. Februar.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3866.

Sollte den Lichtwechsel ein Meteorring veranlassen, in dessen Bahnebene die Sonne gelegen ist, und der bei ungleichmäßiger Dichte (wofür die kleinen Schwankungen des Minimallichtes sprechen) an besonderer Stelle 2 Lücken besitzt, Lücken oder Auflockerungen, die bei dem Umlaufe der Meteore Verschiebungen und verschiedene Dichte vielleicht nicht ganz regellos im Laufe der Zeit erhalten, dann erscheint es nicht unwahrscheinlich, daß der Lichtwechsel einmal das umgekehrte Bild, nämlich einen mäßigen Lichtaufstieg und einen rapiden Abfall zeigt. Auf jeden Fall verdient der merkwürdige Stern beständige Überwachung.«

Veränderlichkeit von α Orionis. W. H. Robinson bemerkt,[1]) daß nach den Aufnahmen zu Oxford die photographische Helligkeit dieses Sternes zwischen 1901 März 9 und 1902 Oktober 22 etwas zugenommen, seit dem letzten Datum jedoch merklich abgenommen habe. Diese Nachweise sind durch Helligkeitsschätzungen unterstützt worden.

Der Begleiter des Polarsternes als veränderlicher Stern. Der Polarstern besitzt einen Begleiter, den W. Herschel am 17. August 1779 zuerst sah; der Hauptstern ist 2. Gr., der Begleiter wird als 9. Gr. angegeben. Die Stellung des Begleiters scheint sich nur sehr langsam zu ändern, die Distanz vom Hauptsterne ist 18.5″, der Positionswinkel 212.4° (nach Dunèrs Messungen 1870). Schon Struve hat in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts darauf aufmerksam gemacht, daß der Begleiter des Polarsternes im 9-zolligen Dorpater Refraktor sogar am hellen Tage gesehen werden könne, und Encke sowie Mädler haben dies später bestätigt. Die Tatsache ist merkwürdig, und zur Erklärung derselben hat man angenommen, die äußerst langsame tägliche Bewegung des Polarsternes sei die Ursache, doch ist diese Erklärung offenbar unzulänglich. Unter günstigen Umständen kann man den Begleiter an einem Fernrohre von 2 Pariser Zoll Öffnung in klaren Nächten gut sehen, ausnahmsweise ist er von Barnard sogar an einem noch kleinern Fernrohre gesehen worden. Die Sichtbarkeitsverhältnisse dieses Begleiters des Polarsternes zeigen also etwas Auffallendes, und E. Jost in Gotha macht nunmehr[2]) Mitteilungen, aus denen hervorgeht, daß dieser Begleiter höchstwahrscheinlich veränderlich ist. E. Jost bemerkt: »Gelegentlich meiner mehrjährigen Arbeit am Heidelberger 3-zolligen Meridiankreise fiel mir an einigen Tagen die besonders gute Sichtbarkeit des Polarisbegleiters auf. Derselbe gilt als Stern ca. 9. Gr., und seine Sichtbarkeit in dem für die Polarisbeobachtung sehr hellen Felde war für das kleine Fernrohr etwas Außergewöhnliches. Gleichwohl habe ich der Sache keine weitere Beachtung geschenkt, bis ich im Herbste 1902 eine Reihe

[1]) Monthly Notices **63.** p. 74.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3876.

von Extinktionsbeobachtungen anstellte, bei welchen der Polarstern allerdings nur eine untergeordnete Rolle spielte. Die gleichzeitigen Neureduktionen der Müllerschen Säntisbeobachtungen durch Herrn Dr. Bemporad, sowie besonders eine Mitteilung seitens des Herrn Prof. Valentiner, welchem ebenfalls die veränderliche Sichtbarkeit im frühern Karlsruher Meridiankreise aufgefallen war, veranlaßten mich, die früher vielumstrittene Frage der Veränderlichkeit des Polarsternes in andrer Form wieder aufzugreifen.

Die Beobachtungen wurden am 8-zolligen Merzschen Refraktor in Verbindung mit einem Zöllnerschen Photometer angestellt. Der Hauptstern ist nicht abgeblendet worden, weil einmal der Begleiter bei der schwachen Vergrößerung des Photometerokulars dem Hauptsterne sehr nahe stand, und dann die ganzen Beobachtungen nur als gelegentliche anzusehen waren, insofern als das Instrument seinerzeit in der Hauptsache der Beobachtung langperiodischer Veränderlicher gewidmet war. Bei den Messungen wurde der künstliche Stern des Photometers möglichst nahe dem Polarisbegleiter gebracht, und zwar in radiale Entfernung vom Hauptstern wie dieser, schließlich wurden in beiden Stellungen zu demselben die Messungen ausgeführt.

Als Vergleichssterne für die Helligkeit dienten 4 Sterne 9.3 bis 10.8 Gr., deren photometrische Größe Jost im Anschluß an Plejadensterne, die Müller und Kempf in Potsdam vor einiger Zeit photometrisch bestimmten, ermittelt hatte. Die nachfolgende Tabelle gibt die von ihm abgeleitete Helligkeit des Begleiters des Polarsternes zu den angegebenen Zeiten an.

Datum			M. Z.	Größe
1902 November	8	6h	45.0m	9.46m
„	10	8	30.2	8.89
„	11	6	42.0	8.98
„	11	8	50.7	8.85
„	15	10	56.4	8.63
„	17	7	52.9	9.13
„	17	9	21.1	9.24
1903 November	21	9	5.9	9.02
„	22	9	23.0	9.10
Dezember	22	9	39.8	8.91
1903 Januar	16	5	59.0	8.79
„	17	10	55.0	9.59
„	22	11	57.9	8.66
„	31	11	0.5	9.44
Februar	16	13	54.4	8.95
„	17	9	39.0	8.52
„	18	10	56.0	9.17
„	19	10	23.0	9.64
„	24	8	16.2	9.39
„	26	11	51 9	9.49

In diesen Beobachtungen ist eine Schwankung der Helligkeit des Sternes zwischen 8.52 und 9.64 Gr. ausgedrückt. »Über eine

etwaige Periodizität,« sagt Jost, »läßt sich noch nicht entscheiden, vielleicht ist eine siebentägige Periode angedeutet; einige Versuche Ende Februar, den Stern eine ganze Nacht zu verfolgen, scheiterten an den ungünstigen Witterungsverhältnissen. Da mir jetzt (in Gotha) die weitere Verfolgung des Sternes unmöglich ist, möchte ich meine Beobachtungen mit allem Vorbehalte, welchen angesichts der Schwierigkeit der Messungen der Zweifel an der Realität der Resultate fordert, bekannt geben und den Stern zur Beobachtung an geeigneten Instrumenten empfehlen.«

Ein neuer Veränderlicher von außergewöhnlich kurzer Periode wurde von Prof. G. Müller und P. Kempf auf dem astrophysischen Observatorium zu Potsdam entdeckt. Es ist der Stern der Bonner Durchmusterung B.D. $+ 56^0 1400$ und sein Ort für 1900.0: AR $= 9^h\ 36^m\ 44^s$ D $= + 56^0 24.6'$. Der Lichtwechsel vollzieht sich in 4^h und schwankt zwischen 7.6 und 8.6 Größe. Die Entdecker berichten darüber folgendes.[1])

»Bei Gelegenheit der Zonenbeobachtungen für den 3. Teil der Potsdamer photometrischen Durchmusterung stellte sich heraus, daß die beiden programmmäßigen Helligkeitsmessungen des Sternes 7.5 Gr. B.D. $+ 56^0 1400$ ($\alpha = 9^h\ 36^m\ 44^s$, $\delta = + 56^0 24.6'$ [1900]) im Jahre 1899 und 1901 um mehr als den bei der Durchmusterung für zulässig geltenden Betrag voneinander abwichen. Die Revisionsbeobachtungen im Jahre 1902 in der Zeit vom April 19 bis Juni 4 ließen zwar keinen Zweifel übrig, daß der Stern ein Veränderlicher sei, gaben jedoch über die Art des Lichtwechsels keinen Aufschluß. Die Messungen wurden 1902 bis Ende Juli fortgesetzt und später nach dem Aufstiege des Sternes am Osthimmel wieder aufgenommen, ohne daß es gelang, den Charakter der Veränderlichkeit aufzudecken. Erst am 13. Januar dieses Jahres, nachdem der Stern im Laufe des Abends während eines Zeitraumes von 3 Stunden mehrmals beobachtet wurde, konnte ein Abnehmen und Wiederanwachsen des Lichtes konstatiert und daraus angenähert auf ein Minimum für etwa $9^h\ 20^m$ m. Zeit Potsdam geschlossen werden. Hierdurch war nachgewiesen, daß die Lichtänderungen in verhältnismäßig kurzer Zeit vor sich gehen mußten, und es wurde daher der Stern noch in derselben Nacht bis kurz vor Sonnenaufgang in Intervallen von 10 zu 10 Minuten beobachtet. Endgültige Entscheidung über die noch immer nicht ganz klar zu erkennende Art der Lichtänderung brachten aber erst die Beobachtungen vom 14. Januar, welche von $4^h\ 48^m$ bis $9^h\ 19^m$ m. Zeit Potsdam ohne Unterbrechung fortgesetzt wurden. Sie ergaben ein vollständiges Bild der gesamten Lichtkurve und führten so zu der Entdeckung eines Veränderlichen mit der außerordentlich kurzen Periode von nur 4 Stunden, der kürzesten bisher bekannten.« Die Entdecker geben ein vollständiges Verzeichnis ihrer Beobachtungen des Veränderlichen.

Die graphische Darstellung der Beobachtungen von Januar 14, 17 und 18 gab die folgenden 4 Minimalzeiten, deren Unsicherheit auf höchstens 10 Minuten geschätzt werden kann.

Januar 14	$4^h\ 34^m$ m. Z. Gr.
„ 17	4 40 „ „ „
„ 17	8 31 „ „ „
„ 18	8 34 „ „ „

[1]) Sitzungsbericht der K. Preuß. Akademie d. Wiss. 1903. 7. p. 173.

Die Verbindung dieser Daten lieferte als erste provisorische Elemente des Veränderlichen: Epoche des Minimums = 1903 Januar 14, $4^h\,34^m$ m. Z. Gr. Dauer der Periode des Lichtwechsels $4^h\,0.0^m$.

Man wird die Genauigkeit keinesfalls größer als 1 Minute annehmen dürfen; die wahre Dauer der Periode muß also zwischen $3^h\,59^m$ und $4^h\,1^m$ liegen.

Zur Verbesserung des 1. Näherungswertes der Periode konnten die Beobachtungen aus dem Jahre 1902 herangezogen werden und ergaben als 2. Näherung die Elemente: Epoche des Minimums = 1903 Januar 14, $4^h\,32^m$ m. Z. Gr. Dauer der Periode $4^h\,0.21^m$.

Diese Daten sind nun zur Bildung einer Lichtkurve des Veränderlichen aus den Messungen von Januar 12 bis Januar 18 benutzt worden, indem mittels derselben dio Minimaepochen berechnet und die Zeitunterschiede der einzelnen Beobachtungsdaten gegen das vorangehende Minimum gebildet wurden. Im ganzen waren 143 Messungen dafür verwendbar. Aus diesen wurde folgende Tabelle abgeleitet, die von 5 zu 5 Minuten die Helligkeit des Veränderlichen in Größenklassen angibt.

Abstand vom Minimum	Hellig-keit	Abstand vom Minimum	Hellig-keit	Abstand vom Minimum	Hellig-keit
$0^h\,0^m$	8.58	$1^h\,25^m$	7.98	$2^h\,50^m$	7.96
0 5	8.54	1 30	7.96	2 55	7.98
0 10	8.49	1 35	7.94	3 0	8.00
0 15	8.43	1 40	7.93	3 0	8.00
0 20	8.38	1 45	7.92	3 5	8.02
0 25	8.33	1 50	7.91	3 10	8.04
0 30	8.29	1 55	7.90	3 15	8.07
0 35	8.25	2 0	7.90	3 20	8.10
0 40	8.22	2 0	7.90	3 25	8.13
0 45	8.18	2 5	7.90	3 30	8.17
0 50	8.15	2 10	7.90	3 35	8.23
0 55	8.12	2 15	7.90	3 40	8.31
1 0	8.09	2 20	7.90	3 45	8.41
1 0	8.09	2 25	7.91	3 50	8.52
1 5	8.06	2 30	7.92	3 55	8.56
1 10	8.04	2 35	7.93	4 0	8.58
1 15	8.02	2 40	7.94		
1 20	8.00	2 45	7.95		

»Wie man aus der Helligkeitstabelle,« sagen die Entdecker, »und noch besser aus einer Zeichnung ersieht, erfolgt die Lichtänderung um das Minimum herum außerordentlich schnell, die Kurve läuft im Minimum fast spitz zu. Der Abfall zum kleinsten Lichte ist noch etwas steiler als der Aufstieg nach demselben; die beiden Zweige sind nicht vollkommen symmetrisch. Das Maximum ist bei weitem nicht so scharf ausgeprägt wie das Minimum, doch scheint es durch die Beobachtungen ausgeschlossen, daß der Stern in der größten Helligkeit eine Zeitlang unverändert verharren sollte; man darf ibn daber keinesfalls zum Algoltypus rechnen. Etwas auffallend ist, daß etwa eine Stunde vor dem Maximum und ebenso einige Zeit nach demselben die Normalwerte im allgemeinen unterhalb der gezeichneten Kurve liegen. Es macht den Eindruck, als ob zu diesen Zeiten ein kleiner Stillstand in der Lichtzunahme, bezw. Lichtabnahme einträte, und als ob die Kurve mit zwei Einbiegungen gezeichnet werden sollte. Ob derartige Unregelmäßigkeiten wirklich reell sind oder nur auf Unsicherheit oder Voreingenommenheit bei

den Beobachtungen zu schiehen sind, läßt sich erst an einem viel größern Beobachtungsmateriale nachweisen. Wir hahen zunächst auf dieselhen keine Rücksicht genommen. Zu bemerken ist noch, daß aus den bisherigen Beohachtungen sich keine Andeutung für eine verschiedene Helligkeit in den geraden und ungeraden Minimis ergibt. Ebenso weuig läßt sich irgend eine Ungleichmäßigkeit in den Zeitintervallen zwischen je zwei aufeinander folgenden Minimis erkennen.

Die definitive Helligkeitstabelle ist noch dazu henutzt worden, den in 2. Näherung gefundenen Wert für die Dauer der Periode des Lichtwechsels in etwas engere Grenzen einzuschließen. Es konnten hierbei auch die beiden ersten Beobachtungen aus den Jahren 1899 und 1901 verwertet werden, von denen die eine zur Zeit eines Maximums, die andere nicht weit von einem Minimum liegen muß. Bei verschiedenen Versuchen zeigte sich, daß der wahrscheinlichste Wert der Periode zwischen 4^h 0.210^m und 4^h 0.220^m enthalten ist. Wir nehmen als die zur Zeit wahrscheinlichsten Elemente des neuen Veränderlichen an: Epoche des Minimums = 1903 Jan. 14, 4^h 32^m m. Z. Gr. Dauer der Periode: 4^h 0^m 12.8^s.

Der Fohler des Periodenwertes wird kaum mehr als 0.5^s hetragen, und eine Verbesserung dürfte erst nach einer längern Reihe von Monaten zu erwarten sein.«

»Unter den hisher hekannten Veränderlichen zeigen die schnellsten Helligkeitsschwankungen 2 Sterne in dem an Variabeln reichen Sternhaufen ω Centauri; die Perioden derselhen sind 7^h 11.4^m und 7^h 42.8^m. Dann folgt S Antliae mit einer Periode von 7^h 46.8^m. Perioden zwischen 8^h und 9^h finden sich bei mehrern Veränderlichen in dem ohengenannten Sternhaufen. Endlich ist noch U Pegasi zu erwähnen, dessen Periode in Chandlers 3. Kataloge zu 5^h 32.2^m angegeben ist, der aher nach Pickerings Untersuchungen[1]) sekundäre Minima zeigt und eine Periode von 8^h 59.7^m besitzt.

Die Auffindung des neuen Veränderlichen regt die Frage nach der Ursache des überaus schnellen Lichtwechsels an. Man könnte zunächst mit Zöllner an einen rotierenden Körper denken, dessen Oberfläche infolge starker Abkühlung eine sehr ungleiche Helligkeitsverteilung besäße. Dagegen spricht aber die Farhe des Sternes, die weißlich ist, während man bei allen Sternen, die in starker Abkühlung begriffen sind, eine gelbliche oder rötliche Farbe voraussetzen kann. Eine andere naheliegende Annahme wäre es, sich eine von der Kugelgestalt stark abweichende Form vorzustellen, etwa ein langgestrecktes Ellipsoid oder einen den Darwinschen Gleichgewichtsfiguren ähnlichen Körper, welcher um eine der kleinen Achsen rotiert. Diese Erklärung würde aber auf Schwierigkeiten stoßen, weil es kaum möglich sein dürfte, die hesondere Form der gefundenen Lichtkurve darzustellen, hesonders die sehr schnellen Helligkeitsänderungen zur Zeit des Minimums und die sehr langsamen Änderungen um das Maximum herum.

Es ist endlich noch an die Hypothese zu denken, daß der Lichtwechsel erzeugt werde durch zwei umeinander rotierende Himmelskörper von nahe gleicher Größe und nahe gleicher Leuchtkraft, deren Oherflächen geringen Abstand voneinander hahen, und die sich zeitweilig fast zentral hedecken. Die beobachtete Lichtkurve läßt sich in diesem Falle fast genau rechnerisch darstellen. Die Tatsache, daß die Helligkeitsdifferenz zwischen Maximum und Minimum etwas geringer ist als $^3/_4$ Größenklassen, würde darauf hindeuten, daß der eine Körper ein wenig kleiner ist als der andere, oder daß die Bedeckung nicht ganz zentral verläuft. Eine nicht unerhehliche Schwierigkeit bei dieser Hypothese bietet nur die Frage, oh ein solches System

[1]) Harvard Circular Nr. 23.

mechanisch möglich sei und auf längere Zeit stabil bleiben könne. Aber wir haben ja in den spektroskopischen Doppelsternen bereits Weltsysteme kennen gelernt, an deren Existenz früher aus ähnlichen Gründen gezweifelt werden mußte, und es wird vielleicht gelingen, durch eingehendere theoretische Untersuchungen auch die Zulässigkeit der Annahme noch engerer Doppelsterne nachzuweisen.«

Die veränderlichen Sterne des Orionnebels. Bereits früher[1]) hat Prof. M. Wolf mitgeteilt, daß der Stereokomparator zur Aufsuchung veränderlicher Sterne besonders geeignet sei, und als Probe einige neue Veränderliche nahe beim Orionnebel angegeben. Im Sommer 1903 hat er diese Nachforschungen mit einem neuen verbesserten Stereokomparator wieder aufgenommen und einige lange exponierten photographischen Platten jener Himmelsregion verglichen.[2]) Die Örter der gefundenen Veränderlichen am Himmel hat er mit einem parallaktischen Meßapparate bestimmt. Folgendes ist die von Prof. Wolf gegebene tabellarische Zusammenstellung der von ihm gefundenen Veränderlichen.

A. Sicher veränderliche Sterne.

Nr.	Var. Orionis	α 1900.0	δ 1900.0	Beobachtete Schwankung	Bemerkungen
1	S	5h 24m 4.9s	— 4° 46′ 29″	9.0m—11.8m	nach Hartwig irregulär
2	32.1903	5 26 50.2	— 4 31 26	14.0—<15	
3	33.1903	5 27 13.6	— 5 7 1	11.3—15.0	interessanter Veränder-
4	34.1903	5 27 16.6	— 7 32 45	13.3—14.0	[licher
5	35.1903	5 27 45.0	— 7 38 47	13.6—<14	
6	36.1903	5 28 37.6	— 5 16 17	13.8—15.0	
7	37.1903	5 28 59.5	— 4 52 3	13.0—15.2	sehr merkwürdig, nova-
8	38.1903	5 29 23.3	— 6 40 16	13.0—15.0	[artig
9	39.1903	5 29 55.8	— 4 44 16	12.5—14.0	wahrscheinlich kurz-
10	40.1903	5 30 0.5	— 5 50 49	12.5—14.0	[periodisch
11	41.1903	5 30 16.3	— 5 50 36	12.0—14.5	merkwürdiger Verän-
12	42.1903	5 30 20.8	— 4 49 45	12.7—<14	[derlicher
13	43.1903	5 30 27.1	— 5 38 48	12.3—<14	
14	83.1901	5 30 40.8	— 5 5 13	11.8—13.2	
15	T	(5 30 56.5)	(— 5 32 34)	9 — ?	im dicken Nebel
16	44.1903	5 30 58.1	— 4 51 15	12.8—<15	wahrsch. kurzperiod.
17	45.1903	5 30 58.9	— 6 54 40	12.5—15.0	wahrsch. kurzperiod.
18	46.1903	5 31 8.4	— 6 46 26	12.6—<14	
19	85.1901	5 31 21.9	— 5 15 34	11.8—<14	
20	47.1903	5 33 38.4	— 7 19 14	13.5—15.0	
21	86.1901	5 34 46.1	— 3 28 36	11.7—13.0	
22	48.1903	5 35 57.8	— 8 8 32	13.0—15.0	nahe bei 34, s. unten
23	49.1903	5 36 36.0	— 4 11 17	9.8—<15	sehr interess. Variabler;
24	88.1901	5 42 27.9	— 6 14 48	13.2—14.5	schwer zu messen, da zu schwach.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3749.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3899.

B. Möglicherweise veränderliche Sterne.

Nr.	Var. Orionis	α 1900.0	δ 1900.0	Beobachtete Schwankung	Bemerkungen
25	80.1901	5h 24m 47.0s	—8° 5′ 14″	12.4m—13.0m	
26	81.1901	5 28 54.0	—4 42 48	12.8—<14	
27	82.1901	5 30 36.8	—6 7 5	12.8—14.0	
28	50.1903	5 30 39.4	—6 49 14	12.5—<14	
29	84.1901	5 31 0.4	—5 0 49	13.0—13.8	
30	51.1903	5 32 18.4	—3 35 15	13.0—14.0	
31	52.1903	5 34 31.9	—4 57 26	12.5—13.2	
32	87.1901	5 35 10.1	—5 24 24	13.0— ?	
33	53.1903	5 35 39.4	—6 29 2	13.2—14.0	
34	54.1903	5 35 57.9	—8 7 43	12.8—13.9	
35	89.1901	5 43 16.1	—5 43 36	12.7—13.5	

Der Stern T Orionis Nr. 15 befindet sich in einer besonders dichten Stelle des Nebels. Daher konnten keine Helligkeitsschätzungen von ihm gemacht und die Position nicht auf der Platte B 118 gemessen werden. Sie wurde mit einer etwas dünnern Platte am Stereokomparator angenähert bestimmt.

Prof. Wolf hat nur diejenigen Sterne als sicher veränderlich bezeichnet, die auf den 3 Aufnahmen (6 Platten) am Bruceteleskop unzweifelhafte Veränderungen größern Betrages gezeigt haben. Dagegen sieht er sogar den Stern Nr. 26, trotzdem für ihn mit dem 6-Zoller noch Schwankungen von mehr als einer Größenklasse erhalten sind, nur als möglicherweise veränderlich an, weil der sichere Nachweis der Veränderlichkeit mit dem 6-Zoller immerhin schwieriger zu leisten ist. Aus dem gleichen Grunde hat er weitere acht möglicherweise veränderliche Sterne vorläufig ganz unterdrückt.

Die veränderlichen Sterne im Sternhaufen ω Centauri. Dieser Sternhaufen steht am südlichen Himmel in AR 13h 20.8m und D. — 46° 57′ (1900) und ist das prachtvollste Objekt seiner Art, welches uns überhaupt an der Himmelssphäre sichtbar ist. Dem unbewaffneten Auge erscheint er als nebeliger Stern 4. Größe, im Fernrohre dagegen bietet er den großartigen Anblick eines aus zahlreichen Sternen gebildeten kugelförmigen Haufens mit Verdichtung gegen das Zentrum hin. Sir John Herschel hat früher eine Abbildung dieses Sternhaufens gegeben, wie sich derselbe ihm im 20-füßigen Spiegelteleskop zeigte. Mit den neuern photographischen Aufnahmen des Objektes verglichen, zeigt jene Abbildung nur eine sehr geringe Ähnlichkeit und beweist aufs neue, daß die ältern Zeichnungen reicher Sternhaufen wertlos sind. Die früheste photographische Aufnahme des Sternhaufens ω im Centauren wurde 1893 zu Arequipa unter sehr günstigen Umständen erhalten. Im August jenes Jahres entdeckte Madame Fleming auf dem Harvardobserva-

torium zu Cambridge (N.-A.) beim Vergleiche dieser Photographien einen veränderlichen Stern in dem Haufen, wenige Tage später Prof. Pickering einen zweiten. Ungefähr um dieselbe Zeit fand Prof. Solon J. Bailey zu Arequipa in dem Sternhaufen 47, Tucanae drei veränderliche Sterne und Madame Fleming später noch drei in dem nämlichen Haufen. Im Februar 1895 unternahm Prof. Pickering die Vergleichung zweier Photographien dieses Sternhaufens, welche zur Entdeckung von noch 6 Veränderlichen in demselben führte[1]). In dem nämlichen Jahre untersuchte Prof. Bailey zu Arequipa eine Anzahl photographischer Aufnahmen von ω Centauri und fand etwa 20 Veränderliche darin, von denen drei identisch waren mit solchen, die bereits in Cambridge entdeckt wurden.

Prof. Solon J. Bailey hat nun eine eingehende Prüfung und Untersuchung der sämtlichen Photographien des großen Sternhaufens ω im Centauren ausgeführt,[2]) um die sämtlichen Veränderlichen dieses Haufens aufzufinden und vor allem die Art und Weise ihres Lichtwechsels mit Genauigkeit festzustellen. Die Photographien, um deren Prüfung es sich handelte, wurden fast sämtlich mit dem 13-zolligen Boydenrefraktor erhalten, dessen photographische Brennweite 191.5 Zoll beträgt. Auf den Originalplatten ist daher die Länge von 0.1 *cm* entsprechend 42.4″ in Bogenmaß. Der durchschnittliche Durchmesser der feinen Sterne beträgt etwa 2″, doch variiert derselbe beträchtlich auf den verschiedenen Platten. Einige Platten wurden auch mit dem 14-zolligen Bruce- oder dem 11-zolligen Draperteleskop erhalten, da aber deren Brennweiten kürzer sind als die des 13-zolligen Boydenrefraktors, so sind die Bilder des Sternhaufens, die in letzterm Instrument erhalten wurden, etwas besser. Die Dauer, während deren die Platten exponiert werden mußten, um die schwächsten Veränderlichen im Minimum ihres Lichtes zu zeigen, betrug bei ω Centauri 30 Minuten (bei dem Sternhaufen Messier 5 50 Minuten, bei Messier 3 sogar 100 Minuten). Nur sehr wenige der dichten Sternhaufen können gut photographiert werden mit Exponierungen von weniger als 1 Stunde, manche erfordern, um die besten Resultate zu erhalten, 2 Stunden Exponierung. Da es unmöglich ist, bei so langen Expositionen das Fernrohr durch Uhrwerk so genau der Drehung des Himmels folgen zu lassen, daß die Bilder unverrückt auf der Platte bleiben, so muß die Bewegung desselben überwacht und sogleich korrigiert werden. Der Beobachter stellt zu diesem Zwecke durch ein an einer Seite des Gesichtsfeldes des Refraktors angebrachtes Okular einen nahebei stehenden Stern hinter die Mitte des Fadenkreuzes und hat nun darauf zu achten, daß dessen Stellung zu den Kreuzfäden während der Expositionsdauer unverändert bleibt. Von der Sorgfalt, mit der diese Stellung erhalten und die geringste Ab-

[1]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 26. 208. 211.
[2]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 36. Cambridge 1902.

weichung sofort korrigiert wird, hängt in sehr hohem Grade das Gelingen scharfer Aufnahmen ab. Zum Zwecke der Auffindung veränderlicher Sterne und des Studiums ihres Lichtwechsels wurden in Arequipa zu verschiedenen Zeiten so viele Aufnahmen gemacht, daß man mit Sicherheit darauf rechnen konnte, jede überhaupt merkbare Helligkeitsänderung der Sterne des Haufens zu entdecken. Die Vergleichung der Aufnahmen miteinander geschah, indem der ganze Sternhaufen in mehrere hundert Teile geteilt wurde, von denen jeder etwa 10 Sterne enthält, und diese dann gemäß ihrer Helligkeit vom hellsten bis zum lichtschwächsten in eine Reihenfolge geordnet wurden. Diese Sterne wurden dann auf jeder Photographie sorgfältig verglichen, so daß nur höchstens zufällig eine Veränderlichkeit derselben übersehen werden konnte, wenn nämlich ein Stern nur um ein Geringes sein Licht wechselt, oder die Maximalphase sehr kurz ist, oder die Periode 24 Stunden oder ein Vielfaches derselben sein würde. Die Auffindung veränderlicher Sterne in Sternhaufen ist gleichwohl schwierig, denn die Sternbildchen sind klein und sehr nahe beisammen, so daß sie unter starker Vergrößerung betrachtet und verglichen werden müssen, was eine erhebliche Anspannung des Auges verursacht, besonders bei den dicht gedrängten Sternen nahe dem Zentrum eines Haufens. In manchen der letztern verschwimmen die Sterne in den zentralen Teilen völlig ineinander, so daß es nicht möglich ist, auch dort Veränderlichkeit einzelner Sterne festzustellen. Der Umstand, daß die Phase des hellsten Lichtes oft nur sehr kurz ist, im Vergleiche zur Periode des Lichtwechsels, macht die Auffindung der Veränderlichen auch nicht wenig mühevoll und läßt erklärlich finden, weshalb die Anzahl dieser Sterne in dem Haufen ω Centauri nur nach und nach bis zu ihrer gegenwärtigen Ziffer wuchs.

In der nähern Umgebung dieses Sternhaufens befinden sich keine Sterne, die heller sind als 8. Größe. Im Jahre 1893 hat Prof. Bailey eine Zählung der Sterne des Haufens ausgeführt und fand auf den besten Platten, welche am 13-zolligen Teleskop exponiert waren, 6389 einzelne Sterne, doch ist die Gesamtzahl der in diesen Sternhaufen überhaupt vorhandenen zweifellos beträchtlich größer. Der scheinbare Durchmesser desselben beträgt 35'. Nicht nur in diesem, sondern auch in andern Sternhaufen fanden sich veränderliche Sterne von kurzer Periode des Lichtwechsels in größern Entfernungen, als man gemäß den Zählungen überhaupt für die Grenzen dieser Sternhaufen annehmen muß. Diese Sterne sind aber doch wohl als wirkliche Glieder der betreffenden Haufen zu betrachten, und erst sie bezeichnen daher die äußersten Grenzen dieser letztern. Unter diesem Gesichtspunkte hat der Sternhaufen ω im Centauren eine scheinbare Ausdehnung von 40', und die Durchmesser der Sternhaufen Messier 3 und 5 erscheinen sogar verdoppelt.

Mit wenigen Ausnahmen sind die Sterne, welche den Haufen ω Centauri bilden, von ziemlich gleicher Helligkeit; mehr als 6000 derselben sind 12.—14.5 Größe, weniger als 100 zwischen 8.und 12. Größe. Eine beträchtliche Zahl der mitgezählten Sterne gehört wahrscheinlich gar nicht dem eigentlichen Haufen an, sondern projiziert sich nur auf demselben für den Anblick von der Erde aus. Unter gewissen Voraussetzungen wird diese Zahl auf 1616 berechnet.[1])

Die erste Platte, welche bei der spätern Forschung nach Veränderlichen benutzt wurde, ist vom 15. Mai 1892, die letzte vom 16. August 1898, die Zwischenzeit umfaßt also 2284 Tage. Die 1. Platte erwies sich jedoch für die Untersuchung von geringer Qualität, und die allgemeine Prüfung begann erst an der am 11. April 1893 erhaltenen Aufnahme. Es wurde auf 124 Aufnahmen der Lichtwechsel von 128 Sternen verfolgt, durch etwa 30000 Vergleichungen ihrer Helligkeit mit Normalsternen, die in dem Haufen ausgewählt waren. Die meisten Messungen dieser Art sind von Frln. E. F. Leland ausgeführt worden.

Die mit größter Sorgfalt durchgeführten Untersuchungen lieferten das Material zur Ableitung der Perioden und der Art und Weise des Lichtwechsels für 95 Sterne. Manche dieser Veränderlichen besitzen eine so rasche Zunahme der Helligkeit im Maximum, daß diese auf photographischem Wege kaum genau festzustellen ist, da die Expositionsdauer der Platten durchschnittlich 40 Minuten beträgt. In diesen Fällen ist offenbar die wirkliche größte Helligkeit, welche die Sterne erreichen, beträchtlicher, als die photographische Aufnahme zeigt.

Unter den 95 Sternen, bei denen Dauer und Größe des Lichtwechsels genauer bestimmt wurden, befinden sich nur fünf, bei denen die Dauer dieses Wechsels länger ist als 24 Stunden. Unter diesen 5 Sternen hat einer eine Periodendauer von 484 Tagen. Er ist im Maximum 11.2 Größe und einer der hellsten Sterne des ganzen Haufens, sinkt dagegen im Minimum bis 14.8 Größe. Er scheint ein sekundäres Maximum der Helligkeit zu haben, und die Periode ist vielleicht nicht gleichförmig. Ein Veränderlicher mit einer Periode von 297 Tagen steht nahe dem Zentrum des Haufens, ist im Maximum 12.0 und im Maximum 14.3 Größe und zeigt auch ein sekundäres Maximum seiner Helligkeit. Der hellste Veränderliche in dem ganzen Sternhaufen hat eine Periode von 29.3 Tagen, erreicht im Maximum die Größe 9.8, im Minimum 11.1, und die Lichtkurve zeigt vom Maximum zum Minimum 3 Wendepunkte. Prof. Bailey teilt die 90 Sterne, deren Lichtwechsel in kürzerer Zeit als 24 Stunden sich vollzieht, in 4 Gruppen oder Unterklassen, nämlich:

---

[1]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 26. p. 221.

a) Veränderliche, deren Periode und Lichtkurve gleichmäßig verläuft. Die Lichtzunahme erfolgt rasch, ebenso auch die Abnahme, doch diese langsamer als jene. Im Minimum bleibt die Helligkeit während etwa der halben Dauer der Periode unverändert, oder wenigstens ist keine Änderung derselben alsdann erkennbar. Der Lichtwechsel umfaßt etwa 1 Größenklasse, und die Periodendauer ist 12—15 Stunden.

b) Periode und Lichtkurve sind wahrscheinlich gleichförmig, die Zunahme der Helligkeit ist mäßig rasch, die Abnahme dagegen langsam und wird langsamer bis zum Beginne der Lichtzunahme. Im Sternhaufen ω Centauri schwankt der Lichtwechsel der Sterne dieser Gruppe um etwas weniger als 1 Größenklasse und die Dauer der Periode zwischen 15 und 20 Stunden.

c) Periode und Lichtkurve sind vielleicht gleichförmig; die Helligkeit wechselt ununterbrochen und mit mäßiger Geschwindigkeit, und die Lichtzunahme ist im allgemeinen rascher als die Abnahme, in wenigen Fällen sind beide gleichschnell oder erstere sogar etwas weniger rasch. Die Helligkeitsschwankungen umfassen im allgemeinen etwas mehr als $^1/_2$ Größenklasse, und die Perioden schwanken zwischen 8 und 10 Stunden, bisweilen sind sie auch etwas länger.

Im Sternhaufen ω Centauri gehören von den bekannten Veränderlichen zu Gruppe a) 37, zu b) 19 und zu c) 34 Sterne. Bei 13 Veränderlichen dieses Sternhaufens war es nicht möglich, bestimmte Perioden ihres Lichtwechsels abzuleiten. Die Verteilung der Veränderlichen dieser 3 Unterklassen zeigt keine Abhängigkeit oder Beziehung zu der Verteilung der Sterne in diesem Sternhaufen überhaupt.

Die oben erwähnten drei typischen Unterklassen sind bei den Veränderlichen im Sternhaufen ω Centauri zahlreich vertreten, in andern Sternhaufen scheint dagegen die Unterklasse a) so zu überwiegen, daß sie als typisch darin angesehen werden kann. Die anscheinend vollkommene Gleichförmigkeit der Perioden dieser Sterne scheint anzuzeigen, daß sie von einem gewissen regelmäßig wiederkehrenden Umstande bedingt ist, möge es sich nun um Achsendrehung oder Bahnumlauf handeln. Es dürfte nicht unwahrscheinlich sein, daß die Umlaufsbewegungen aller mehrfachen Sterne in gewissen Sternhaufen in nahezu parallelen Ebenen vor sich gehen, und daß die Rotationsachsen dieser Sterne auch näherungsweise einander parallel gerichtet sind. Lichtänderungen, ähnlich denen des Algol durch Verdeckung oder infolge ungleicher Lichtstrahlung verschiedener Seiten der Sterne würden dann einem Beobachter nur in bestimmter Stellung dort bemerkbar werden, in andern nicht, und dadurch könnte man vielleicht die Tatsache erklären, daß einige Sternhaufen viele Veränderliche aufweisen, andre ebenso reiche Haufen dagegen nur wenige oder gar keine. Allein die Veränderlichen in den Sternhaufen zeigen keinen Lichtwechsel, der demjenigen der Algolsterne typisch

gleicht, die Gestalt ihrer Lichtkurven verbietet diese Annahme durchaus. Aber auch eine andre Erklärung ist nicht leicht zu begründen, und so muß die Deutung der wunderbaren Erscheinung zahlreicher Veränderlichen in gewissen Sternhaufen der Zukunft überlassen bleiben.

Ein neuer Katalog der veränderlichen Sterne. Die Anzahl der Fixsterne, bei denen eine periodische Änderung ihrer Helligkeit nachweisbar ist, wächst in neuerer Zeit rasch, und das Bedürfnis eines möglichst umfassenden und zuverlässigen Verzeichnisses derselben wird immer dringender. Von seiten der Astronomischen Gesellschaft sind auch Schritte getan, um durch eine besondere Kommission von Astronomen, die auf diesem Gebiete vorzugsweise bewandert sind, einen neuen, umfassenden und kritisch bearbeiteten Katalog der Veränderlichen herstellen zu lassen. Diese Arbeit erfordert naturgemäß eine geraume Zeit. Mittlerweile ist auf der Sternwarte des Harvard-College zu Cambridge (N.-A.) ein vorläufiger Katalog der Veränderlichen hergestellt worden, der in Band XLVIII Nr. III der Annalen dieser Sternwarte publiziert wurde. Derselbe ist nicht absolut vollständig, enthält aber doch nicht weniger als 1227 Veränderliche, von denen 694 auf dem Harvardobservatorium und 509 darunter in kugelförmigen Sternhaufen von Prof. Bailey, 166 von Madame Fleming (hauptsächlich durch die Anwesenheit von hellen Wasserstofflinien in Spektren des 3. Typus) entdeckt wurden.

Eine vollständige Bibliographie der Veränderlichen wurde von Prof. W. M. Reed begonnen und von Miss A. J. Cannon seit September 1900 fortgesetzt; sie umfaßt zurzeit nicht weniger als 34000 Nummern, und aus ihr hat jetzt Miss Cannon den in Rede stehenden Katalog zusammengestellt. Er soll zunächst nur ein vorläufiger sein, denn ein solches Unternehmen birgt notwendig mannigfache Irrtümer; für später ist ein endgültiger Katalog mit den erforderlichen bibliographischen Nachweisen in Aussicht genommen. Das jetzt vorliegende Verzeichnis ist jedenfalls eine überaus wichtige Arbeit, die auch dem von der Astronomischen Gesellschaft eingesetzten Komitee manches neue Material bieten wird. Da sie anderseits nur einem beschränkten Kreise zu Gesicht kommen dürfte, so ist es angezeigt, an dieser Stelle einen für die Freunde astronomischer Beobachtung berechneten Auszug aus diesem Verzeichnisse zu geben. Derselbe ist im folgenden enthalten und gibt sämtliche Veränderliche des Originalkatalogs, jedoch mit Fortlassung einiger Angaben über die Bezeichnungen und die Epochen des Lichtwechsels sowie der Spektralklassen der Sterne. Die Maxima und Minima der Helligkeit sind in optischen Größenklassen ausgedrückt, außer bei den photographisch als veränderlich erkannten Sternen, wobei photographische Größenklassen gegeben und diese durch liegende Ziffern angedeutet sind.

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
V Sculptoris	0 3.6	−39 47	*8.5*	*12.0*	295	1896	Fleming
S Sculptoris	10.3	−32 36	*6.6*	*12.5*	366	1894	Fleming
X Andromedae	10.8	+46 27	8	—	—	1900	Anderson
T Ceti	16.7	−20 37	5.1	7.0	Irr.	1881	Chandler
T Andromedae	17.2	+26 26	8.0	12.6	281	1893	Anderson
T Cassiopejae	17.8	+55 14	7.2	11.9	445	1870	Krueger
S Tucanae	18.4	−82 14	*8.7*	< *11.3*	240	1895	Fleming
R Andromedae	18.8	+38 1	6.0	< 13.0	410.7 +	1858	(Bonn)
S Ceti	19.0	− 9 53	7.9	13.6	320.2	1872	Borrelly
B Cassiopejae	19.2	+63 38	> 1	?	—	1572	R
47 Tucanae	19.8	−72 38	—	—	—	1894	Bailey
T Sculptoris	24.3	−38 28	8.8	11.4	201.5	1895	(Cordoba)
RR Sculptoris	24.5	−38 36	9	< 11	—	1897	Innes
T Phoenicis	25.8	−46 58	*9.0*	< *12*	—	1897	Fleming
T Piscium	26.8	+14 3	9.5	11.0	Irr.	1855	Luther
W Sculptoris	28.2	−33 26	*8*	< *11*	—	1896	(Cordoba)
Y Cephei	31.3	+79 48	9	12	336	1900	L. Ceraski
α Cassiopejae	34.8	+55 59	2.2	2.8	Irr.	1831	Birt
Z Sculptoris	35.0	−34 30	6	8	—	1896	(Cordoba)
S Andromedae	37.2	+40 43	7	< 15	—	1885	Hartwig
U Cassiopejae	40.8	+47 43	8.0	< 15	276.0	1887	Espin
— Cephei	42.0	+81 25	—	—	—	1882	R
V Andromedae	44.6	+35 6	8.4	< 14	263	1898	Anderson
X Sculptoris	44.7	−35 28	9	< 13	250?	1896	West
RR Andromedae	45.9	+33 50	10	< 11	—	1901	Anderson
W Cassiopejae	49.0	+58 1	8.3	12.1	404?	1894	Espin
U Cephei	53.4	+81 20	7.0	9.2	2.5 +	1880	W. Ceraski
— Tucanae	54.2	−75 32	*9.2*	*13.0*	258	1898	Fleming
— Tucanae	58.9	−71 23	—	—	—	1895	Bailey
U Sculptoris	1 6.8	−30 39	9.0	< 13?	328.0	1896	(Cordoba)
U Andromedae	9.8	+40 11	8.9	< 13	358	1895	Anderson
S Cassiopejae	12.3	+72 5	7.8	14.4	609.5 +	1861	(Bonn)
S Piscium	12.4	+ 8 24	8.2	< 14.7	404.3	1851	Hind
U Piscium	17.7	+12 21	9.4	14.7	172.7	1880	Peters
R Sculptoris	22.4	−33 4	6.2	8.8	378.4	1872	Gouid
R Piscium	25.5	+ 2 22	8	13.8	344.1 +	1850	Hind
Y Andromedae	33.7	+38 50	9	< 12	217.9	1900	Anderson
X Cassiopejae	49.8	+58 46	9.3	12	380?	1895	Espin
U Persei	52.9	+54 20	*9.0*	*11.6*	320	1890	Fleming
V Persei	55.1	+56 15	*9.2*	< *15.2*	—	1890	Fleming
S Arietis	59.3	+12 3	9.1	14?	292.2	1865	Peters
R Arietis	2 10.4	+24 35	8	13.7	186.5 +	1858	(Bonn)
— Hydri	10.4	−71 57	*9.6*	*10.5*	—	1901	Fleming
W Andromedae	11.2	+43 50	8	14.0	—	1899	Anderson
— Persei	12.0	+56 41	—	—	—	1898	Bailey
T Persei	12.2	+58 30	8.4	8.8	Irr.	1882	Safarik
o Ceti	14.3	− 3 28	1.7	9.5	331.6 +	1596	Fabricius
S Persei	15.7	+58 8	8.0	10.3	838	1874	Krueger
R Ceti	20.9	− 0 38	7.8	13.5	167.0	1866	Argelander
S Horologii	22.4	−60 1	*9.8*	*12.6*	338	1896	Fleming
R Fornacis	24.8	−26 32	8.5	< 10	386	1896	(Cordoba)
— Hydri	28.3	−69 58	*7.8*	*8.8*	—	1901	Fleming
X Eridani	27.4	−41 54	*9*	< *11*	—	1902	R
U Ceti	28.9	−13 35	7.3	12.7	235.8	1885	Sawyer
R Trianguli	31.0	+33 50	*7.3*	*11.4*	268	1890	Fleming
— Cassiopejae	32.3	+59 10	—	—	—	1902	R
— Persei	33.6	+41 46	9.4	12	3.0 +	1902	Williams
— Ceti	37.4	−23 2	*7.7*	*8.6*	—	1901	Fleming
— Fornacis	40.0	−32 8	—	—	—	1897	(Cape)

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Horologii	2 41.2	−54 44	*9 1*	*10.4*	—	1901	Fleming
T Arietis	42.8	+17 6	7.9	9.7	313	1870	Auwers
W Persei	43.2	+56 34	7.9	10.5	Irr.	1893	Espin
— Fornacis	47.6	−29 54	—	—	—	R	(Cape)
R Horologii	50.6	−50 18	*5.9*	*11.8*	405.0	1892	Fleming
T Horologii	57.7	−51 2	8.5	11.6?	218.2	1896	Kapteyn
ρ Persei	58.8	+38 27	3.4	4.2	Irr.	1854	Schmidt
β Persei	3 1.7	+40 34	2.1	3.2	2.8+	1669	Montanari
U Arietis	5.5	+14 25	7.0	<11	361	1892	Schaeberle
X Ceti	14.3	−1 26	*9 9*	*13.3*	182	1895	Wells
— Ceti	17.6	−30 24	9.3	9.9	—	1897	(Cape)
Y Persei	20.9	+43 50	8	10	236?	1901	Williams
R Persei	23.7	+35 20	7.7	13.5	210.1	1861	Schönfeld
Nova Persei	24.4	+43 34	0 0	<13	—	1901	Anderson
T Fornacis	25.4	−28 45	8	10	—	1902	R
— Persei	25.5	+45 44	5.4	5.7	—	1901	Deichmüller
— Tauri	27.7	+23 10	*13*	*<15*	—	1901	Wolf
U Camelop.	33.2	+62 19	*10.8*	*12.2*	Irr.	1891	Fleming
— Persei	34.1	+51 11	7.5	8.9	—	1896	Espin
— Reticuli	35.2	−55 43	*8.0*	*8.9*	—	1898	Fleming
S Fornacis	41.9	−24 42	5	9	—	1899	Abetti
U Eridani	46.2	−25 16	8.5	<11.4	—	1896	(Cordoba)
— Eridani	46.4	−1 41	*8.8*	*9.2*	—	1901	Fleming
X Tauri	47.8	+7 29	6.6	8.1	Irr.	1876	Gould
X Persei	49.1	+30 45	6	7	R	1898	M. u. Kempf
T Eridani	51.0	−24 20	*7.6*	*11.7*	252	1895	Fleming
λ Tauri	55.1	+12 12	3.3	4 2	3.9+	1848	Baxendell
— Eridani	59.3	−22 23	—	—	—	1889	Kapteyn
V Eridani	59.8	−16 0	*8.4*	*9.3*	—	1898	Fleming
W Eridani	4 7.3	−25 24	*8.1*	*<12.5*	369	1898	Fleming
— Persei	9.1	+50 22	—	—	—	—	R
T Tauri	16.2	+19 18	9.2	<13.5	Irr.	1852	Hind
W Tauri	22.2	+15 49	8.0	12.2	Irr.	1886	Espin
R Tauri	22.8	+9 56	8	14	325	1849	Hind
— Persei	22.8	+39 38	—	—	—	1898	Espin
S Tauri	23.7	+9 44	9.5	14.5	375.5	1855	Oudemans
T Camelop.	30 4	+65 57	7.0	<12	370	1891	Espin
R Reticuli	32.5	−63 14	7	12.0	273.4	1867	Ragoonath.
R Doradus	35.6	−62 16	4.8	6.8	345.0	1874	Gould
R Caeli	37.0	−38 26	*6 9*	*14.1*	398.0	1890	Fleming
— Camelop.	40.8	+68 0	—	—	—	1902	Backhouse
R Pictoris	43.5	−49 26	*7.7*	*10 0*	160.0	1895	Fleming
— Tauri	45.2	+28 21	—	—	—	—	R
V Tauri	46.2	+17 22	8.3	<13.5	170.1	1871	Auwers
U Leporis	52.0	−21 23	9	10	R	1890	(Cape)
R Orionis	53.6	+7 59	8.7	13.5	380.0	1848	Hind
ε Aurigae	54.8	+43 40	—	—	Irr.	—	R
R Leporis	55.0	−14 57	6	8?	436.1	1855	Schmidt
W Orionis	5 0.2	+1 2	6	7	Irr.	1894	R
T Leporis	0.6	−22 2	*8.2*	*11.5*	365	1895	Fleming
V Orionis	0.8	+3 58	8.4	<13	266?	1887	Boß
S Pictoris	8.3	−48 38	*8.4*	*<13 8*	428 5	1895	Fleming
R Aurigae	9.2	+53 28	6 8	13.8	460 2	1862	(Bonn)
— Pictoris	12.3	−47 2	*8.4*	*<11.7*	—	1898	Fleming
T Columbae	15.6	−33 49	*7.5*	*11.8*	225.0	1896	Fleming
S Doradus	18.9	−69 21	*8.2*	*9.8*	—	1897	Fleming
W Aurigae	20.1	+36 49	8.7	15	294?	1898	L. Ceraski
— Leporis	20.1	−24 37	—	—	—	1897	Bailey
S Aurigae	20.5	+34 4	9.4	<14.5	Irr.	1881	Dunér

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Ent-deckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
Y Aurigae . .	5 21.5	+42 21	8	10	0.7 +	1901	Williams
S Orionis . . .	24.1	− 4 46	8.3	13.0	413	1870	Webb
— Orionis . .	24.6	− 8 7	*15.5*	*16.5*	—	1901	Wolf
T Aurigae . .	25.6	+30 22	4.5	<15	—	1892	Anderson
— Orionis . .	28.8	− 4 44	*14.5*	*15.0*	—	1901	Wolf
S. Camelop. . .	30.2	+68 45	8.3	12	313	1891	Espin
— Orionis . .	30.5	− 6 6	*14.5*	*15.5*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	30.8	− 5 5	*13.0*	*14.0*	—	1901	Wolf
T Orionis . . .	30.9	− 5 32	9.7	13	Irr.	1883	Bond
— Orionis . .	31.0	− 5 1	*14.5*	*16.0*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	31.3	− 5 18	*13.0*	*17.0*	—	1901	Wolf
RR Tauri . .	33.3	+28 19	*9*	*<12*	—	1900	L Ceraski
— Leporis . .	33.3	−24 28	—	—	—	1897	(Cape)
— Orionis . .	34.7	− 3 28	*13.0*	*15.0*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	35.4	− 5 27	*14.5*	*16.5*	—	1901	Wolf
U Aurigae . .	35.6	+31 59	8.6	12	407	1891	Espin
— Tauri . . .	39.1	+24 23	—	—	—	1902	Backhouse
Y Tauri . . .	39.7	+20 39	6	8	—	1887	R
— Aurigae . .	41.7	+30 36	—	—	—	1902	Backhouse
— Orionis . .	42.5	− 6 14	—	—	—	1901	Wolf
S Columbae . .	43.2	−31 44	9.0	<12.0	325.5	1898	(Cordoba)
— Orionis . .	43.3	− 5 43	*14.5*	*15.0*	—	1901	Wolf
— Tauri . . .	46.1	+15 51	9	10	—	1903	R
Z Tauri . . .	46.7	+15 48	9	<11	340	1900	Anderson
R Columbae .	46.7	−29 13	*7.6*	*<12.3*	333	1893	Fleming
— Tauri . . .	47.3	+15 42	10	12	294	1903	R
V Camelop. . .	49.4	+74 30	*8*	*<14*	—	1902	(Greenwich)
α Orionis . . .	49.8	+ 7 23	1	1.4	Irr.	1840	J. Herschel
U Orionis . .	49 9	+20 10	5.8	12.3	375	1885	Gore
— Aurigae . .	53 7	+53 18	9	11	—	1903	Anderson
R Octantis . .	56.8	−88 26	*7.3*	*12.2*	330.0	1892	Fleming
S Leporis . . .	8 1.6	−24 11	8.7	7.5	Irr.	1891	Sawyer
X Aurigae . .	4.4	+50 14	8	11	331	1900	Anderson
— Geminorum .	4.7	+26 3	7.4	8.2	Irr.	1897	Backhouse
— Geminorum .	5.8	+21 54	8.7	7 9	Irr.	1897	Backhouse
η Geminorum .	8.8	+22 32	3.2	4.2	231.4	1885	Schmidt
— Columbae .	11.2	−33 2	9.2	10.0	—	1889	Kapteyn
V Aurigae . .	16.5	+47 45	8.5	<11.5	339.4	1893	Espin
V Monocerotis .	17.7	− 2 9	7.4	<12.9	332.0	1883	Schönfeld
T Monocerotis .	19.8	+ 7 8	5.7	6.8	27.0 +	1871	Gould
— Geminorum .	20.3	+19 8	8.8	9.5	—	1895	Espin
Z Monocerotis .	28.0	− 8 48	*9.0*	*<10.1*	—	1898	Fleming
W Geminorum .	29.2	+15 24	8.7	7.5	7.7 +	1896	Sawyer
R Monocerotis .	33.7	+ 8 49	9.5	13	Irr.	1861	Schmidt
S Monocerotis .	35.5	+ 9 59	4 9	5.4	—	1867	Winnecke
S Lyncis . . .	35.9	+58 0	9.4	14	293?	1898	Anderson
X Geminorum .	40.7	+30 23	8	12	254	1897	Anderson
W Monocerotis .	47.5	− 7 2	8.8	<10	262.5	1887	Espin
— Canis Majoris	50 8	−24 3	8.7	9.3	—	1898	Innes
Y Monocerotis .	51.3	+11 22	*8*	*<11*	—	1900	L. Ceraski
X Monocerotis .	52.4	− 8 58	*8.3*	*<11.7*	—	1898	Fleming
R Lyncis . . .	53.0	+55 28	7.2	13.6	380.0	1870	Krueger
— Monocerotis .	53.0	+ 6 18	—	—	—	1902	L. Ceraski
ζ Geminorum .	58.3	+20 43	3.8	4.3	10.1 +	1847	Schmidt
R Geminorum .	7 1.3	+22 52	8 6	13.3	370.2 +	1848	Hind
V Canis Minoris	1.5	+ 9 1	*8.8*	*<13.7*	364	1898	Fleming
— Puppis . .	1.7	−35 47	*8.0*	*8.6*	—	1901	Fleming
R Canis Minoris	3.2	+10 11	7.2	10.0	337.7	1855	(Bonn)
— Canis Majoris	3.4	−11 46	*8.0*	*10.0*	—	1901	Fleming

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
S Canis Majoris	7 5.7	−32 46	9	10	—	1897	(Cape)
R Volantis . .	7 4	−72 51	8	<10	—	1899	(Cape)
L² Puppis . .	10.5	−44 29	3.4	6.2	140.1 +	1872	Gould
R Canis Majoris	14.9	−16 12	5.7	6.3	1.1 +	1887	Sawyer
V Geminorum .	17.6	+13 17	8.2	14 5	276	1880	Baxendell
— Lyncis . .	20.9	+46 10	*7.8*	*8.4*	—	1901	Fleming
— Monocerotis .	22.4	−11 31	*10.0*	*10.7*	—	1898	Fleming
U Monocerotis .	26.0	− 9 34	6.7	7.5	Irr.	1873	Gould
S Canis Minoris	27.3	+ 8 32	7.2	12 2	330.3 +	1856	Hind
Z Puppis . . .	28.3	−20 27	7.5	11.1	503	1897	Perry
T Canis Minoris	28.4	+11 58	9	<13.5	322.7	1865	Schönfeld
X Puppis . . .	28.4	−20 42	8	9.6	R	1889	Kapteyn
S Volantis . .	31.4	−73 10	9.1	<13	400 +	1900	Innes
— Geminorum .	35.3	+20 39	—	—	—	1902	L. Ceraski
U Canis Minoris	35.9	+ 8 37	8.5	13.5	410	1879	Baxendell
S Geminorum .	37.0	+23 41	8.2	14.5	294	1848	Hind
W Puppis . .	42.6	−41 57	*8.8*	*12.6*	120.8	1895	Fleming
T Geminorum .	43.3	+23 59	8.1	<13.5	288.1	1848	Hind
— Canis Minoris	43.4	+ 5 40	*9.8*	*11.3*	—	1896	Fleming
RR Puppis . .	43.5	−41 8	10.0	11.0	6.4 +	1899	(Cape)
S Puppis . . .	43.8	−47 52	7.2	9	—	1873	Gould
— Puppis . .	45.0	−42 16	7.8	8.5	R	1899	Roberts
U Geminorum .	49.2	+22 16	8.9	14	Irr.	1855	Hind
— Puppis . .	49.2	−23 55	7.9	9.3	—	1889	Kapteyn
V Puppis . . .	55.4	−48 58	4.1	4.8	1.4 +	1886	Williams
U Puppis . . .	56.1	−12 34	8.5	<14	315	1881	Pickering
RT Puppis . .	8 1.7	−38 29	*8.9*	*<10.5*	—	1898	Wells
RU Puppis . .	3.2	−22 37	*9.4*	*11.6*	—	1898	Wells
Y Puppis . . .	8.8	−34 50	8.8	9.2	Irr.	1896	(Cordoba)
RS Puppis . .	9.2	−34 17	7.0	8.5	41.2 +	1897	(Cape)
R Cancri . . .	11.0	+12 2	6	11.5	352.8 +	1829	Schwerd
— Hydrae . .	14.9	+ 3 5	—	—	—	1896	Backhouse
V Cancri . . .	16.0	+17 36	7.6	12.3	272.1	1870	Auwers
— Hydrae . .	19.6	− 8 11	*7.4*	*8.8*	—	1901	Fleming
R Chamaeleon . .	24.0	−76 2	*8.9*	*12.8*	—	1901	Fleming
RT Hydrae . .	24.7	− 5 59	*8.0*	*10.1*	—	1898	Fleming
V Carinae . .	26 7	−59 47	7.4	8.1	6.6 +	1892	Roberts
X Carinae . .	29.1	−58 53	7.9	8.7	0.5 +	1892	Roberts
U Cancri . . .	30.0	+19 14	8.4	<14	305.0	1853	Chacornac
— Ursae Majoris	33.9	+50 29	—	—	—	1898	Fleming
T Velorum . .	34.4	−47 1	7.6	8.5	4.6 +	1892	Roberts
RV Hydrae . .	34.9	− 9 14	*7.7*	*9.0*	—	1901	Fleming
S Cancri . . .	38.2	+19 24	8.0	10.2	9.4 +	1848	Hind
R Pyxidis . .	41.3	−27 50	8.0	<11	355?	1890	Holetschek
S Hydrae . .	48.4	+ 3 27	7.6	12.2	257.0	1848	Hind
X Cancri . . .	49.8	+17 37	6	8	—	—	—
T Hydrae . .	50.8	− 8 46	7.2	13.1	288.8	1851	Hind
T Cancri . . .	51.0	+20 14	8.0	10.5	482	1850	Hind
S Pyxidis . .	9 0.7	−24 41	*8.9*	*11.1*	213?	1896	(Cordoba)
V Ursae Majoris	1.1	+51 31	—	—	—	1901	Anderson
W Cancri . .	4.0	+25 39	*9.1*	*<13.5*	381?	1895	Fleming
— Pyxidis . .	4.9	−28 36	9.0	9.8	R	1898	Innes
RU Carinae . .	13.4	−65 49	*10.9*	*12.1*	—	1898	Fleming
RW Carinae .	18.2	−68 20	—	—	—	1901	Fleming
V Velorum . .	19.2	−55 32	7.5	8.2	4.3 +	1892	Roberts
— Velorum . .	24.4	−48 26	*9.5*	*<13.5*	—	1902	Fleming
Y Velorum . .	25.7	−51 45	8.6	<12	R	1901	Innes
S Antliae . . .	27.9	−28 11	6.3	6.8	0.3 +	1888	Paul
N Velorum . .	28.2	−56 36	—	—	—	1871	Gould

Name	R. A. 1900		Dez. 1900		Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h	m	°	'			d		
S Velorum . .	9	29.4	−44	46	7.8	9.3	5.9 +	1894	Woods
U Velorum . .		29.5	−45	4	6.2	6.6	Irr.	1695	Roberts
T Antliae . . .		29.7	−36	10	*8.7*	*9.6*	—	1697	(Cape)
R Carinae . .		29.7	−62	21	4 5	10.0	309.7 +	1871	Gould
X Hydrae . .		30.7	−14	15	8.4	11.6	296	1694	Skinner
— Draconis . .		31.1	+76	18	*9.3*	*13*	—	1903	L. Ceraski
— Ursae Majoris		36.7	+56	25	7.9	6.6	0.1 +	1903	M. und K.
R Sextantis . .		37.8	− 7	39	*9.5*	*10.6*	Irr.	1695	Wells
R Leonis Minoris		39.6	+34	56	7.6	12.9	370.5 +	1863	Schönfeld
RR Hydrae . .		40.4	−23	34	*8*	< *12*	350	1698	(Cape)
R Leonis . . .		42.2	+11	54	4.6	10.5	312.6	1762	Koch
l Carinae . . .		42.5	−62	3	3 6	5.0	35.5 +	1671	Gould
Y Hydrae . .		46.4	−22	33	*7.6*	*10.1*	—	1896	Wells
Z Velorum . .		49.4	−53	42	9.3	R	360 ±	1901	Innes
— Hydrae . .		50.9	−19	13	—	—	—	1669	Kapteyn
X Velorum . .		51.4	−41	7	—	—	—	1901	Wells
V Leonis . . .		54.5	+21	44	8.6	< 13.5	273.7	1862	Becker
RR Carinae . .		54.6	−58	23	*8.0*	*10 1*	365.0	1894	Fleming
RV Carinae . .		55.6	−63	25	*9*	< *11*	—	1899	Innes
R Antliae . .	10	5.4	−37	14	7.2	7.6	Irr.?	1872	Gould
S Carinae . .		6.2	−61	4	5.8	9 0	148.7	1871	Gould
U Ursae Majoris		6.2	+60	29	*7.0*	*8.7*	—	1898	Fleming
Z Carinae . .		10.4	−58	21	*8.8*	*13.4*	394.0	1894	Fleming
W Velorum . .		11.5	−53	59	6.6	< 11.4	185.8	1696	Kapteyn
RR Velorum .		17.6	−41	51	10.0	10.9	1.6 +	1901	Innes
U Leonis . . .		16.7	+14	31	—	—	—	1876	Peters
Y Carinae . .		29.4	−57	59	6.1	8.6	3.6 +	1893	Roberts
U Antliae . .		30.6	−39	3	—	—	—	1901	Wells
U Hydrae . .		32.6	−12	52	4.5	6.3	Irr.	1871	Gould
— Carinae . .		32.7	−70	11	*8.8*	< *13.2*	—	1902	Fleming
RX Carinae . .		33.2	−61	48	*10.0*	< *12.5*	—	1901	Pickering
R Ursae Majoris		37.6	+69	16	6.9	13.3	302.1 +	1853	Pogson
RT Carinae . .		40.9	−58	54	*9 3*	*10.7*	—	1896	Wells
η Carinae . .		41.2	−59	10	> 1	7.4	Irr.	1627	Burchell
RS Hydrae . .		46 6	−26	6	8	< 11	339	1897	(Cape)
V Hydrae . .		46.8	−20	43	6.7	9.5	575	1688	Chandler
W Leonis . . .		46.4	+14	15	9	< 14	394.3?	1660	Peters
T Carinae . .		51.3	−59	54	6.7	7.0	—	1677	Gould
U Carinae . .		53 7	−59	12	6.8	6.0	38.7 +	1891	Roberts
R Crateris . .		55.6	−17	47	> 6	< 9	—	1661	Winnecke
RW Centauri .	11	2.9	−54	35	—	—	—	1901	Wells
RS Carinae . .		3.9	−61	24	*8*	< *14*	—	1895	Fleming
S Leonis . . .		5.7	+ 6	0	9.0	< 13	190.0 +	1856	Chacornac
RY Carinae . .		15.6	−61	19	10	< 12	—	1901	Innes
RS Centauri . .		16.1	−61	20	*9.2*	< *12.9*	162	1896	Fleming
T Leonis . . .		33.3	+ 3	56	—	—	—	1665	Peters
— Draconis . .		39.8	+72	49	*9.9*	*12.4*	1.3 +	1903	L. Ceraski
Z Hydrae . .		42.6	−32	43	9.2	10.0	52.5	1698	(Cape)
X Centauri . .		44 2	−41	12	*7.3*	*13.0*	313.9	1695	Fleming
W Centauri . .		50.0	−56	42	*8.6*	*13.1*	204.3	1895	Fleming
X Virginis . .		56.7	+ 9	36	6	12	—	1671	Peters
R Com. Beren. .		59.1	+19	20	8	< 14	361.8	1656	Schönfeld
RX Virginis . .		59.6	− 5	13	*7.2*	*8.8*	—	1898	Fleming
RW Virginis .	12	2 1	− 6	12	*7.1*	*8.3*	—	1896	Fleming
RU Centauri .		4.2	−44	52	*9*	*10*	—	1897	(Cape)
S Muscae . . .		7.4	−69	36	6.4	7.3	9.6 +	1691	Roberts
T Virginis . .		9.5	− 5	29	8.7	13.5	339.5	1649	Boguslawski
R Corvi . . .		14.4	−18	42	7.7	11.5	318.5	1867	Karlinski
— Virginis . .		15.2	− 6	27	*9.2*	*9.8*	—	1901	Fleming

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
T Crucis . . .	12 15.9	−61 44	6.8	7.8	6.7 +	1895	Roberts
R Crucis . . .	18.1	−61 4	6.8	7.9	5.8 +	1891	Roberts
S Centauri . .	19.2	−48 53	7	?	—	1889	Pickering
— Virginis . .	20.1	+ 1 19	—	—	—	—	—
T Can. Venat. .	25.2	+32 3	8.8	12	281	1897	Anderson
U Crucis . . .	26.8	−57 2	*10.3*	<*13.2*	365?	1898	Fleming
U Centauri . .	28.0	−54 6	*8.7*	*12.6*	218.8	1894	Fleming
Y Virginis . .	28.7	− 3 52	8.8	13.4	218.8	1874	Henry
T Ursae Majoris	31.8	+60 2	6.4	13.1	257.2 +	1860	(Bonn)
R Virginis . .	33.4	+ 7 32	6.4	12.1	145.4 +	1809	Harding
— Centauri . .	35.5	−34 1	—	—	—	1897	(Cape)
R Muscae . . .	38.0	−68 52	8.5	7.8	0.8 +	1871	Gould
S Ursae Majoris	39.8	+81 38	7 3	12.5	226.1 +	1853	Pogson
RU Virginis . .	42.2	+ 4 42	8	12	455	1897	Roy
U Virginis . .	46.0	+ 8 8	7.7	12.8	207.0	1831	Harding
S Crucis . . .	48.4	−57 53	8.5	7.6	4.8 +	1891	Roberts
— Crucis . . .	50.7	−57 21	*10.4*	*13.6*	—	1902	Fleming
RT Virginis . .	57.6	+ 5 43	*8.8*	*9.7*	—	1898	Fleming
RV Virginis . .	13 2.7	−12 38	*10*	<*14*	—	1900	Schwaßman
— Centauri . .	6.3	−56 28	—	—	—	1901	Wells
S Can. Venat. .	8.5	+37 54	7.3	9	—	—	R
— Virginis . .	8.9	− 2 18	—	—	—	1901	Fleming
U Octantis . .	12.3	−83 42	7.7	10.3	—	1900	(Cape)
— Centauri . .	15.1	−61 3	*10.5*	*11.3*	—	1898	Fleming
ω Centauri . .	20.8	−48 57	—	—	—	1897	Bailey
W Virginis . .	20.9	− 2 52	8.7	10.4	17.2 +	1868	Schönfeld
V Virginis . .	22.8	− 2 39	8.0	<13	250.5	1857	Goldschmidt
R Hydrae . .	24.2	−22 46	3.5	9.7	425.1 +	1670	Montanari
— Chamaeleon.	24.6	−77 3	—	—	—	1901	Fleming
S Virginis . .	27.8	− 8 41	5.6	12.3	376.4 +	1852	Hind
RV Centauri .	31.1	−55 58	*9 0*	<*12.6*	—	1897	Fleming
Z Centauri . .	34.3	−31 8	*7*	<18.5	—	1895	Fleming
T Centauri . .	36.0	−33 6	6.4	7.7	90.4	1894	Markwick
RY Virginis . .	38.3	−18 38	—	—	—	1901	Wells
— Can. Venat. .	37.8	+28 53	—	—	—	1895	Bailey
RT Centauri .	42.5	−38 22	8.8	11.3	249.2	1896	Innes
W Hydrae . .	43.4	−27 52	6.7	8.0	384	1889	Sawyer
R Can. Venat. .	44.8	+40 2	6.1	11.5	338	1888	Espin
RX Centauri .	45.8	−38 27	9	<12	—	1902	R
T Apodis . . .	46.1	−77 18	8.6	<13	—	1900	Innes
θ Apodis . . .	55.8	−78 19	5.5	8.6	—	—	Gould
RR Virginis . .	59.6	− 8 43	11	<14	217	1880	Peters
Z Bootis . . .	14 1.7	+13 58	*10.0*	*13.0*	—	1898	Wells
Z Virginis . .	5.0	−12 50	9	15	306.5	1880	Palisa
RU Hydrae . .	5.8	−28 25	8	<13	345?	1898	(Cape)
R Centauri . .	9.4	−59 27	5.8	11.8?	589.0	1871	Gould
T Bootis . . .	9.4	+19 32	9.7	<14	—	1860	Baxendell
RR Centauri .	9.9	−57 23	7.4	7.8	0.3 +	1898	Roberts
T Lupi . . .	15.7	−49 24	*9.2*	*11.2*	—	1895	Wells
— Lupi . . .	18.9	−47 4	—	—	—	1901	Fleming
Y Bootis . . .	17.4	+20 18	8.0	8.8	2.8?	1894	Parkhurst
X Bootis . . .	19.4	+18 48	9.0	10.2	121.5	1859	Baxendell
S Bootis . .	19.5	+54 18	8.0	13.5	268.2 +	1880	(Bonn)
— Bootis . . .	19.7	+28 10	7	8?	R	1893	Hartwig
RS Virginis . .	22.3	+ 5 8	*8.1*	<*12.3*	354	1892	Fleming
R Camelop. . .	25.1	+84 17	7.9	13.7	267.5 +	1858	Hencke
Y Centauri . .	25.1	−29 39	*7.7*	*8.8*	—	1895	Fleming
V Centauri . .	25.4	−58 27	8.4	7.8	5.4 +	1894	Roberts
V Bootis . . .	25.7	+39 18	6.9	10.5	256	1884	Dunér

Name	R. A. 1900		Dez. 1900		Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h	m	°	′			d		
RV Librae	14	30.2	−17	36	*8.3*	*9.6*	—	1898	Leland
R Bootis		32.8	+27	10	6.8	12.9	223.4 +	1858	(Bonn)
V Librae		34.8	−17	14	9.3	12.2	256	1882	Schönfeld
W Bootis		39.0	+26	57	5.2	6.1	Irr.	1867	Schmidt
R Apodis		46.5	−76	15	5.5	6.2	—	1873	Gould
S Lupi		46.7	−46	12	*9.6*	*13.1*	346.0	1894	Fleming
U Bootis		49.7	+18	6	9.1	13.6	176.7	1880	Baxendell
V Lupi		52.6	−53	0	—	—	—	1901	Fleming
δ Librae		55.6	− 8	7	5.0	6.2	2.3 +	1859	Schmidt
S Apodis		59.4	−71	40	*8.5*	< *11.3*	298.0	1896	Fleming
T Triang. Aust.	15	0.4	−68	20	6.9	7.4	0.9 +	1879	Gould
RT Librae		0.8	−18	21	8.5	< 11.7	295?	1895	Skinner
— Triang. Aust.		4.8	−69	42	*9.1*	*9.8*	—	1898	Wells
T Librae		5.0	−19	38	10	< 16	238	1878	Palisa
Y Librae		6.4	− 5	38	8.2	12	272?	1887	Bauschinger
ι Librae		6.5	−19	25	4.3	5.0	—	1896	Pickering
W Lupi		8.5	−50	25	*10.6*	< *13.4*	—	1901	Pickering
R Triang. Aust.		10.8	−66	8	6.7	7.4	3.3 +	1871	Gould
— Librae		13.5	+ 2	27	—	—	—	1895	Bailey
U Cor. Borealis		14.1	+32	1	7.6	8.7	3.4 +	1869	Winnecke
S Librae		15.6	−20	2	7.6	< 13	192.1	1872	Borrelly
S Serpentis		17.0	+14	40	7.8	12.5	365.4 +	1828	Harding
S Cor. Borealis		17.3	+31	44	6.7	12.3	360.8	1860	Hencke
RS Librae		18.5	−22	33	*8.4*	< *11.0*	221	1892	Fleming
R Circini		20.0	−57	22	—	—	—	1901	Fleming
Nova Normae		22.2	−50	14	*7*	*13*	—	1893	Fleming
RU Librae		27.7	−14	59	*8.5*	< *12.3*	320?	1895	Fleming
R Normae		28.8	−49	10	7	11	510	1879	Gould
X Librae		30.4	−20	50	9.5	14	163.6	1878	Peters
W Librae		32.2	−15	51	9.8	15	206	1878	Peters
S Ursae Minoris		33.4	+78	58	*8.4*	*11.4*	328	1895	Fleming
U Normae		34.6	−54	59	8.8	10.4	12.7 +	1899	(Cape)
U Librae		36.2	−20	52	9	< 14	226.2	1878	Peters
T Normae		36.4	−54	40	7.0	< 11.4	244.0	1899	Innes
— Lupi		39.5	−37	26	—	—	—	1897	Bailey
Z Librae		40.7	−20	49	11	< 13	295	1879	Peters
R Cor. Borealis		44.4	+28	28	5.5	10.1	Irr.	1795	Pigott
V Cor. Borealis		46.0	+39	52	7.2	12.0	356.5	1878	Dunér
R Serpentis		46.1	+15	26	5.6	13	357.0 +	1826	Harding
R Lupi		47.0	−36	0	9.0	< 12?	234.5	1884	Gould
R Librae		47.9	−15	56	9.2	< 13	R	1858	Pogson
RR Librae		50.6	−18	1	8.4	14	277.0	1885	Peters
S Triang. Aust.		52.2	−63	30	6.4	7.4	6.3 +	1879	Gould
U Lupi		54.5	−29	38	9.1	10.7	608?	1898	(Cape)
T Cor. Borealis		55.3	+26	12	2.0	9.5	—	1866	Birmingham
U Triang. Aust.		58.4	−62	38	7.8	8.4	2.5 +	1893	Roberts
RZ Scorpii		58.6	−23	50	8.0	< 13	155	1896	Innes
X Herculis		59.6	+47	31	5.9	7.2	Irr.	1890	Gore
Z Scorpii	16	0.1	−21	28	9.0	12?	370	1883	Peters
RR Herculis		1.5	+50	46	7.8	9.5	—	1894	Espin
R Herculis		1.7	+18	38	8.6	13.6	317.7 +	1855	(Bonn)
U Serpentis		2.5	+10	12	*9.0*	< *11.9*	—	1898	Fleming
V Normae		2.6	−48	58	—	—	—	1901	Fleming
X Scorpii		2.7	−21	16	10	< 13	199.0	1876	Peters
W Scorpii		5.9	−19	53	10	< 14.7	222.3	1877	Palisa
RX Scorpii		5.9	−24	38	*9*	< *12*	—	1896	(Cordoba)
RU Herculis		6.0	+25	20	7.0	13.5	473?	1896	Anderson
W Normae		9.0	−52	21	—	—	—	1901	Fleming
S Normae		10.6	−57	39	6.6	7.6	9.7 +	1892	Roberts

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
T Scorpii . . .	16 11.1	−22 44	7.0	< 12	—	1860	Auwers
— Scorpii . .	11.1	−22 44	—	—	—	1898	Bailey
R Scorpii . . .	11.7	−22 42	9.8	16	224.5	1853	Chacornac
S Scorpii . . .	11.7	−22 39	9.1	15	176.7	1854	Chacornac
— Coron. Bor. .	11.9	+38 1	*8.5*	*13.0*	244 +	1902	Anderson
— Normae . .	14.6	−50 14	—	—	—	1901	Fleming
W Ophiuchi . .	16.0	− 7 28	8.9	< 13.5	331.3	1881	Schönfeld
U Scorpii . . .	16.8	−17 38	9 ?	< 12	—	1863	Pogson
X Normae . .	17.7	−51 42	*11.0*	< *12.3*	—	1901	Fleming
V Ophiuchi . .	21.2	−12 12	7.0	10.5	302.5	1881	Dunér
U Herculis . .	21.4	+19 7	6.4	12.0	409	1860	Hencke
Y Scorpii . .	23.8	−19 13	10?	14	359 ?	1878	Peters
g Herculis . .	25.4	+42 6	4.7	6.0	Irr.	1857	Baxendell
T Ophiuchi . .	28.0	−15 55	10	< 12.5	361 ?	1860	Pogson
SS Herculis . .	28.0	+ 7 3	9.0	< 12	—	1901	Anderson
S Ophiuchi . .	28.5	−16 57	8.3	< 13	233.8	1854	Pogson
ST Scorpii . .	30.2	−31 2	7.8	9.7	—	1898	(Cape)
R Ursae Minoris	31.3	+72 28	9.0	10.3	Irr.	1881	Pickering
R Arae . . .	31.4	−56 48	6.8	7.9	4.4 +	1892	Roberts
W Herculis . .	31.7	+37 32	7.8	13.2	280.0 +	1880	Dunér
Y Herculis . .	32.0	+ 7 19	6.9	8.0	—	1882	Chandler
R Draconis . .	32.4	+66 58	7.1	12.7	245.6	1876	Geelmuyden
SU Scorpii . .	34.2	−32 11	8	10	—	1896	Innes
— Herculis . .	38.1	+36 39	—	—	—	1898	Bailey
V Triang. Aust.	39.8	−67 36	—	—	—	1901	Fleming
S Draconis . .	40.8	+55 7	7.5	9.3	—	1892	Espin
RR Ophiuchi .	43.2	−19 17	8	< 11	277 ?	1898	(Cape)
S Herculis . .	47.4	+15 7	7.3	12.6	308.1	1858	(Bonn)
RS Scorpii . .	48.4	−44 56	*7.0*	*11.4*	332 ?	1890	Fleming
SS Scorpii . .	48.8	−32 28	7	10	—	1897	(Cordoba)
RR Scorpii . .	50.2	−30 25	*7.0*	*12.1*	282.7	1894	Fleming
RV Scorpii . .	51.8	−33 27	6.7	7.4	6.0 +	1894	Roberts
— Ophiuchi . .	53.9	−12 44	5.5	12.5	—	1848	Hind
T Arae . . .	54.4	−54 55	*9.9*	*11.0*	—	1898	Wells
— Ophiuchi . .	54.9	−29 58	—	—	—	1897	Bailey
RV Herculis .	56.8	+31 22	9	16	200 ?	1897	Anderson
RT Scorpii . .	56.8	−36 40	*9.2*	< *12.9*	—	1893	Fleming
R Ophiuchi . .	17 2.0	−15 58	7.1	12.6	302.7	1853	Pogson
RT Herculis .	6.8	+27 11	9	< 12	312 ?	1896	Anderson
RW Scorpii . .	8.3	−33 19	*9.4*	*14.1*	388	1895	Fleming
α Herculis . .	10.1	+14 30	3.1	3.9	Irr.	1795	Herschel
U Ophiuchi . .	11.4	+ 1 19	6.0	6.7	0.8 +	1871	Gould
u Herculis . .	13.6	+33 12	4.6	5.4	Irr.	1869	Schmidt
Z Ophiuchi . .	14.5	+ 1 37	*8.4*	*12.6*	348	1894	Fleming
RS Herculis . .	17.5	+23 1	8.0	11	220	1895	Anderson
SW Scorpii . .	18.1	−43 44	—	—	—	1901	Fleming
Nova Ophiuchi	24.6	−21 24	> 1	?	—	1604	R
S Octantis . .	25.9	−86 46	*8.2*	*11.6*	265	1892	Fleming
— Arae . . .	32.5	−53 37	—	—	—	1898	Bailey
V Pavonis . .	34.7	−57 40	*8.3*	*9.8*	—	1898	Wells
RU Scorpii . .	35.1	−43 42	*9.3*	*13.2*	373	1895	Fleming
— Scorpii . .	35.7	−35 12	*10.7*	*12.1*	—	1901	Fleming
SX Scorpii . .	40.8	−35 40	*9.6*	*11.1*	—	1901	Fleming
W Pavonis . .	41.1	−62 22	*9.1*	< *12.8*	—	1898	Fleming
X Sagittarii . .	41.3	−27 48	4.4	5.4	7.0 +	1866	Schmidt
SV Scorpii . .	41.6	−35 40	9	< 11.4	245	1899	Innes
RY Scorpii . .	44.3	−33 40	7.5	9.0	39.1 +	1896	(Cordoba)
RS Ophiuchi .	44.8	− 6 40	—	—	—	1901	Fleming
U Arae . . .	45.7	−51 40	*8.9*	*12.4*	—	1898	Fleming

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
Y Ophiuchi	17 47.3	− 6 7	6.1	6.5	17.1 +	1888	Sawyer
V Arae	47.3	−48 17	*9.7*	<*12.3*	—	1901	Fleming
W Arae	49.2	−49 47	—	—	—	1901	Fleming
S Arae	51.4	−49 25	8.9	9.7	R	1900	(Cape)
— Ophiuchi	51.7	+11 10	9.2	<10,1	—	1901	Anderson
Z Herculis	53.6	+15 9	7.1	7.9	3.9 +	1891	M. und K.
T Draconis	54.8	+58 14	7.5	12.2	435?	1894	Espin
— Sagittarii	55.0	−26 17	—	—	—	1890	Kapteyn
RY Herculis	·55.4	+19 29	9	14	—	1899	Anderson
V Draconis	56.3	+54 53	9.3	14.1	283?	1900	Anderson
W Coron. Aust.	58.2	−39 20	—	—	—	1901	Fleming
W Sagittarii	58.6	−29 35	4.3	5.1	7.5 +	1866	Schmidt
RW Herculis	18 1.7	+22 4	9	<12	—	1895	Becker
X Coron. Aust.	2.6	−45 26	—	—	—	1901	Fleming
R Pavonis	3.3	−63 38	*7.6*	*9.0*	229	1893	Fleming
W Draconis	5 4	+65 56	*9.0*	<*14*	—	1902	(Greenwich)
T Herculis	5.3	+31 0	7.9	12.9	164.8 +	1857	(Bonn)
X Draconis	6.8	+66 8	*9.5*	*14*	—	1902	(Greenwich)
Y Coron. Aust.	7.2	−42 53	*11.3*	*13.1*	—	1901	Fleming
RS Sagittarii	11.0	−34 8	5.7	6 3	2 4 +	1874	Gould
W Lyrae	11.5	+36 38	7.6	12.5	200	1896	Anderson
— Serpentis	13.6	−15 39	*8.5*	*9.1*	—	1901	Fleming
Y Sagittarii	15.5	−18 54	5.4	6.2	5.7 +	1886	Sawyer
— Sagittarii	18.4	−24 55	—	—	—	1897	Bailey
T Telescopii	19.0	−49 42	*11.3*	<*12.7*	—	1901	Fleming
RV Sagittarii	21.4	−33 23	*8.2*	*12.3*	320	1895	Fleming
d Serpentis	22.1	+ 0 8	—	—	—	1891	R
— Coron. Aust.	23.7	−45 2	*11.0*	*12.7*		1901	Fleming
T Serpentis	23.9	+ 6 14	9.1	<13.5	342 3	1860	Baxendell
SS Sagittarii	24.6	−16 58	—	—	—	1901	Fleming
RX Herculis	26.0	+12 32	7.0	7.5	0.8 +	1898	Sawyer
U Sagittarii	26.0	−19 12	6.5	7.3	6.7 +	1866	Schmidt
T Lyrae	28.9	+36 55	7.2	7.8	—	1876	Birmingham
— Sagittarii	30.3	−23 59	—	—	—	1895	Bailey
RZ Herculis	32.7	+25 58	*9*	*12*	340?	1900	Ceraski
X Ophiuchi	33.6	+ 8 44	6.8	9.0	335	1886	Espin
Y Lyrae	34.2	+43 52	*11.3*	*12.3*	0.5 +	1900	Williams
U Coron. Aust.	34.3	−37 56	*8.9*	<*11.7*	145	1896	Fleming
— Coron. Aust.	38.7	−38 52	—	—	—	1898	Fleming
V Coron. Aust.	40.7	−38 16	9	<10	—	1896	(Cordoba)
T Aquilae	40.9	+ 8 38	8.8	10.0	Irr.	1860	Winnecke
R Scuti	42.2	− 5 49	4.8	7.8	Irr.	1795	Pigott
— Lyrae	42.2	+43 32	*9.0*	<*12*	—	1902	Williams
S Scuti	44.9	− 8 1	6	8	—	—	R
β Lyrae	46.4	+33 15	3.4	4.1	12.9 +	1784	Goodricke
κ Pavonis	46.6	−67 21	3.8	5.2	9.0 +	1872	Thome
U Scuti	48.9	−12 44	9.1	9.6	R	1901	L. Ceraski
T Scuti	50.0	− 8 18	—	—	—	1901	Fleming
R Lyrae	52.3	+43 49	4.0	4.7	46.4	1856	Baxendell
— Coron. Aust.	52.8	−36 46	—	—	—	1897	Bailey
S Coron. Aust.	54.4	−37 5	>9.5	13	—	1866	Schmidt
R Coron. Aust.	55.2	−37 6	10.2	<11.0	89.2	1865	Schmidt
T Coron. Aust.	55.2	−37 6	>9.8	13	—	1876	Schmidt
ST Sagittarii	55.9	−12 54	7	<10	—	1901	Fleming
Z Lyrae	56.0	+34 49	*9*	*11*	290	1900	Williams
Nova Sagittarii	56.2	−13 18	*4.7*	<*15*	—	1899	Fleming
SU Sagittarii	57.7	−22 51	—	—	—	1901	Fleming
RT Lyrae	57.8	+37 22	*10.6*	<*12.0*	240	1902	Williams
V Aquilae	59.1	− 5 50	6.5	8.0	Irr.	—	R

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Telescopii . .	19 0.1	—48 44	—	—	—	1901	Fleming
U Telescopii . .	0.5	—49 4	—	—	—	1901	Fleming
R Aquilae . .	1.6	+ 8 5	5.8	< 12	350.6 +	1856	(Bonn)
Y Aquilae . .	2.3	+10 55	—	—	—	—	R
— Pavonis . .	2.0	—60 8	—	—	—	1897	Bailey
V Lyrae . . .	5.2	+29 30	9.2	15.5	371	1895	Anderson
RW Sagittarii .	8.1	—19 2	*9.7*	*11.1*	—	1896	Fleming
RX Sagittarii .	8.7	—18 59	*9.9*	*13.3*	320?	1896	Fleming
X Lyrae . . .	9.0	+26 36	8	10	—	1897	Espin
S Lyrae . . .	9.1	+25 50	9.5	16	430	1893	Espin
RU Lyrae . .	9.1	+41 8	*11*	< *12*	R	1902	Williams
RS Lyrae . . .	9.3	+33 15	10	< 12	296?	1901	L. Ceraski
U Draconis . .	9.9	+67 7	9.0	13.5	334	1897	Anderson
W Aquilae . .	10.0	— 7 13	7.5	11.2	490?	1893	De Ball
RY Sagittarii .	10.0	—33 42	6.5	< 11.0	Irr.	1896	Markwick
T Sagittarii . .	10.5	—17 9	6.5	8.1	384	1863	Pogson
V Telescopii . .	10.6	—50 38	*9.2*	*10.6*	—	1901	Fleming
R Sagittarii . .	10 8	—19 29	6.9	11.2	268.7 +	1858	Pogson
RV Lyrae . .	12.5	+32 15	11.0	12.8	3.5 +	1902	Williams
TZ Cygni . . .	13.4	+50 0	9	11	—	1901	Anderson
S Sagittarii . .	13.6	—19 12	9.1	14.5	230.6	1860	Pogson
Z Sagittarii . .	13.8	—21 7	8.5	< 12	452	1888	Peters
U Sagittae . .	14.4	+19 26	6.5	9	3.3 +	1901	Schwab
Nova Aquilae .	15.3	— 0 19	*7*	< *13*	—	1900	Fleming
U Lyrae . . .	16.6	+37 42	8.3	< 11	457	1894	Espin
T Sagittae . .	17.2	+17 28	8.3	9.9	165?	1886	Espin
RR Lyrae . .	22.3	+42 36	*7.2*	*8.1*	0.5 +	1901	Fleming
U Aquilae . .	24.0	— 7 15	6.2	6.9	7.0 +	1886	Sawyer
— Draconis . .	25.1	+76 23	—	—	—	1896	Backhouse
— Cygni . . .	25.8	+45 50	—	—	—	—	R
UV Cygni . .	28.0	+43 26	7	9	—	1899	Deichmüller
— Sagittarii .	28.6	—16 35	—	—	—	1901	Wells
TY Cygni . .	29.8	+28 6	*10*	< *14*	352	1900	Williams
U Vulpeculae .	32.3	+20 7	6.8	7.5	7.9 +	1897	M. und K.
RT Aquilae . .	33.3	+11 29	9	< 13	330	1897	Anderson
— Sagittarii .	33.7	—31 10	—	—	—	1898	Bailey
R Cygni . . .	34.1	+49 58	6.6	13.9	425.7	1852	Pogson
RV Aquilae . .	35.9	+ 9 42	9	< 12	120?	1900	Anderson
TT Cygni . . .	37.1	+32 23	*8.7*	*10.3*	—	1898	Wells
T Pavonis . .	39.5	—72 1	*7.6*	*12.1*	243	1896	Fleming
— Sagittarii .	40.6	—41 26	—	—	—	1901	Fleming
RT Cygni . .	40.8	+48 32	*7*	*11.5*	191	1890	Fleming
SU Cygni . .	40.8	+29 1	6.2	7.0	3.8 +	1897	M. und K.
SY Cygni . .	42.7	+32 28	*10*	< *12*	6.0 +	1900	L. Ceraski
W Telescopii	43.1	—50 15	*9.3*	*13.1*	—	1901	Fleming
TU Cygni . .	43.3	+48 49	9	< 13	218	1900	Hisgen
11 Vulpeculae .	43.5	+27 4	3	?	—	1670	Anthelm
S Vulpeculae .	44.3	+27 2	8.4	10.0	67.5	1862	Baxendell
X Aquilae . .	46.5	+ 4 12	*9.5*	< *12.3*	348	1894	Fleming
χ Cygni . . .	46.7	+32 40	4.5	13.5	406.0 +	1686	Kirch
S Pavonis . .	46.8	—59 27	*8.0*	*9.6*	389	1894	Fleming
η Aquilae . .	47.4	+ 0 45	3.7	4.5	7.1 +	1784	Pigott
RR Sagittarii .	49.7	—29 27	*7.5*	< *12.6*	338	1892	Fleming
S Sagittae . .	51.5	+16 22	5.5	6.1	8.3 +	1885	Gore
RU Sagittarii .	51.8	—42 7	*9*	*13.1*	239	1891	Fleming
RR Aquilae . .	52.4	— 2 11	*8.4*	< *12.3*	399	1895	R
RS Aquilae . .	53.7	— 8 10	*10.0*	< *12.4*	—	1895	Fleming
S Telescopii . .	58.4	—55 50	*9*	*11*	—	1896	Kapteyn
Z Cygni . . .	58.6	+49 46	7.1	13	265	1887	Espin

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Cygni . . .	20 0.8	+38 32	8.0	9.2	—	1894	Espin
— Sagittarii .	0.8	−27 31	—	—	—	1901	Fleming
X Pavonis . .	3.4	−80 14	*9.0*	*10.2*	—	1898	Fleming
S Cygni . . .	3.4	+57 42	9.2	< 14.7	322.8 +	1880	(Bonn)
SW Cygni . .	3.8	+46 1	*9.0*	*11.7*	4.5 +	1899	Ceraski
R Capricorni .	5.7	−14 34	8.8	< 13	345?	1848	Hind
SV Cygni . . .	8.5	+47 35	8	9	Irr.	1888	Espin
RY Cygni . .	8.8	+35 39	8.5	9.5	—	—	R
S Aquilae . .	7.0	+15 19	8.4	11.8	148.7	1883	Baxendell
RW Aquilae . .	7.3	+15 46	8.4	9.2	7.8 +	1899	Parkhurst
R Telescopii . .	7.7	−47 18	*8.4*	*11.6*	372	1895	Fleming
RX Cygni . .	7.8	+47 31	7.5	8.3	Irr.?	1893	Deichmüller
RU Aquilae . .	8.0	+12 42	8.5	14.5	256?	1898	Anderson
RZ Sagittarii .	8.5	−44 43	*9.0*	< *11.4*	—	1897	Stewart
W Capricorni .	8.8	−22 17	10.2	< 14.7	207.7	1872	Peters
R Sagittae . .	9.5	+18 25	8.5	10.4	70.5 +	1859	Baxendell
RS Cygni . .	9.8	+38 28	6.7	8.4	Irr.	1887	Espin
Z Aquilae . .	9.8	− 8 27	8.8	13	130	1894	De Ball
R Delphini . .	10.1	+ 8 47	7.8	13.0	285.5	1851	Hencke
RT Sagittarii .	11.1	−39 25	*7.7*	*10.7*	301	1890	Fleming
X Telescopii .	11.2	−52 58	*10.5*	*12.9*	—	1901	Fleming
RT Capricorni .	11.2	−21 38	*8.6*	*10.4*	—	—	R
SX Cygni . .	11.8	+30 48	9	14.5	—	1899	Anderson
Y Telescopii . .	12.9	−51 1	*8.1*	*9.7*	—	1901	Fleming
P Cygni . . .	14.1	+37 43	3.5	< 8	—	1600	Janson
— Sagittae . .	15.8	+20 47	*9.5*	*11.5*	—	1902	L. Ceraski
U Cygni . . .	16.5	+47 35	6.7	10.8	463.5 +	1871	Knott
UW Cygni . .	19.6	+42 55	10	12	3.4 +	1901	Williams
T Microscopii .	21.8	−28 35	*7.4*	*8.4*	—	1896	Fleming
U Microscopii .	22.8	−40 45	*8.5*	< *12.5*	325	1898	Fleming
RW Cygni . .	25.2	+39 39	7.7	10.5	—	1885	Espin
RU Capricorni .	28.7	−22 2	9	< 12	353?	1901	Innes
— Delphini . .	28.1	+17 6	9	11	—	1902	L. Ceraski
SZ Cygni . . .	29.8	+46 16	8	10	15.0 +	1900	Williams
ST Cygni . . .	29.9	+54 38	9	14	344?	1898	Espin
TV Cygni . . .	30.0	+46 13	9	10	—	1900	Köhl
W Delphini . .	33.1	+17 56	9.4	12.1	4.8 +	1895	Wells
R Microscopii .	34.0	−29 9	*9.2*	< *11.7*	138.8	1894	Fleming
— Delphini . .	38.8	+11 30	—	—	—	1902	Anderson
V Cygni . . .	38.1	+47 47	8.3	13.5	418	1881	Birmingham
S Delphini . .	38.5	+18 44	8.4	12.0	277.5	1880	Baxendell
Y Aquarii . .	39.2	− 5 12	8.8	< 13	379	1895	Becker
X Cygni . . .	39.5	+35 14	8.0	7.0	18.3 +	1888	Chandler
T Delphini . .	40.7	+18 2	8.2	< 13	331.2	1863	Baxendell
U Delphini . .	40.9	+17 44	8.4	7.3	Irr.	—	R
W Aquarii . .	41.2	− 4 27	*8.3*	*9.6*	381	1891	Fleming
V Aquarii . .	41.8	+ 2 4	8.1	9.3	240	1891	De Ball
RR Cygni . .	42.8	+44 30	8.1	9.7	Irr.	1888	Espin
U Capricorni .	42.8	−15 9	10.2	< 13	202.5 +	1857	Pogson
T Cygni . . .	43.2	+34 0	—	—	—	1864	Schmidt
V Delphini . .	43.2	+18 58	*7.3*	< *12*	540	1891	Fleming
T Aquarii . .	44.7	− 5 31	*6.7*	13.0	203.3 +	1861	Goldschmidt
T Vulpeculae .	47.2	+27 52	5.5	8.2	4.4 +	1885	Sawyer
U Pavonis . .	47.2	−63 5	*9.6*	< *12.2*	277	1898	Fleming
— Cygni . . .	47.4	+45 50	*12*	*13*	—	1893	Wolf
Y Cygni . . .	48.1	+34 17	7.1	7.9	1.4 +	1888	Chandler
RZ Cygni . .	48.5	+48 59	9.1	13	280?	1893	Espin
S Indi	49.0	−54 42	*8.4*	< *12.4*	405.7	1895	Fleming
X Delphini . .	50.3	+17 16	8	< 13	275?	1895	Anderson

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
UX Cygni	20 50.9	+30 2	*9.7*	<*12*	—	1901	Williams
UY Cygni	52.3	+30 3	9.8	10.4	0.5 +	1902	Williams
RR Capricorni	56.4	—27 29	9	<10	240?	1896	(Cordoba)
TX Cygni	56.4	+42 12	8.5	10	14.7 +	1900	Williams
T Octantis	57.4	—82 30	*9.0*	<*12.5*	205	1895	Fleming
— Cygni	58.9	+40 54	—	—	—	1901	Dunne
R Vulpeculae	59.9	+23 28	7.5	12.1	136.9 +	1858	(Bonn)
— Cephei	21 0.4	+87 28	—	—	—	—	Perrine
RS Capricorni	1.7	—16 49	*8.1*	*9.3*	—	1898	Fleming
TW Cygni	1.8	+29 0	*9*	<*12*	347	1900	Williams
V Capricorni	1.8	—24 19	9	14?	157.1 +	1867	Peters
— Cygni	2.3	+45 23	*12.4*	*13.7*	1.4 +	1902	L. Ceraski
X Capricorni	2.8	—21 45	9.5	<16.2	218.1 +	1865	Pogson
X Cephei	3.6	+82 40	9.7	<17	488?	1898	Ceraski
Z Capricorni	5.0	—16 35	9	<13	392?	1885	Borrelly
RS Aquarii	5.8	— 4 27	9	<14	214	1898	Barnard
— Aquarii	7.3	—14 48	*8.4*	*9.3*	—	1898	Fleming
T Cephei	8 2	+68 5	5.1	10.5	387	1878	W. Ceraski
R Equulei	8.4	+12 23	8	<11	312	1900	Anderson
RR Aquarii	9.8	— 3 19	8	13	190.5	1899	Abetti
T Indi	13.8	—45 27	*7.2*	*8.9*	—	1898	Wells
X Pegasi	18.3	+14 2	8.5	13	204?	1898	Anderson
T Capricorni	16.5	—15 35	8.8	13.5	269.2	1854	Hind
— Cygni	18.5	+41 57	9	10	—	1901	Deichmüller
S Microscopii	20.8	—30 17	8.0	11.5	216.1	1896	Innes
— Pegasi	25.2	+11 44	—	—	—	1897	Bailey
Y Capricorni	28.9	—14 25	10	14?	206	1884	Peters
— Aquarii	28.3	— 1 18	—	—	—	1895	Bailey
W Cygni	32.2	+44 56	5.0	8.7	131.5	1885	Gore
— Capricorni	34.7	—23 38	—	—	—	1895	Bailey
UU Cygni	35.7	+42 45	—	—	—	1901	Colson
S Cephei	38.5	+78 10	7.9	13.1	484	1858	Hencke
RU Cygni	37.3	+53 52	7.5	9.2	443	1890	Espin
Q Cygni	37.8	+42 23	3	14.8	—	1876	Schmidt
SS Cygni	38.8	+43 8	8.4	12.0	Irr.?	1896	Wells
RV Cygni	39.1	+37 34	7.1	9.3	Irr.	1886	Safarik
RR Pegasi	40.0	+24 33	9	<12	—	1901	Anderson
μ Cephei	40.4	+58 19	4?	5?	Irr.	—	R
R Gruis	42.1	—47 22	*8.4*	*12.5*	334.8	1895	Fleming
UZ Cygni	55.2	+43 52	*8.9*	*11.6*	31.3 +	1902	Fleming
V Pegasi	56.0	+ 5 38	*8.2*	<*13.0*	308?	1895	Fleming
U Aquarii	57.9	—17 6	9.5	14?	258	1881	Peters
S Piscis Aust.	58.0	—28 32	8.7	<11	272	1891	Holetschek
— Pegasi	59.8	+34 38	9.5	10.8	R	1902	Anderson
T Pegasi	22 4.0	+12 3	8.5	<13	373	1863	Hind
— Octantis	5.7	—85 10	—	—	—	1901	Fleming
Y Pegasi	6.8	+13 52	9	<10	R	1900	Anderson
RS Pegasi	7.4	+14 4	8	<10	—	1902	Graff
R Piscis Aust.	12.3	—30 8	8.5	<11.5	292.5	1884	Gould
X Aquarii	13.2	—21 24	*8.4*	*11.6*	311	1895	Fleming
— Aquarii	18.5	— 8 7	—	—	—	1898	Fleming
RT Aquarii	17.7	—22 34	—	—	—	1901	Fleming
T Lacertae	17.9	+33 52	9	<12	—	1897	Deichmüller
T Gruis	19.8	—38 4	*8.6*	*11.0*	141	1896	Fleming
S Gruis	19.9	—48 57	*7.2*	*12.3*	410	1898	Fleming
T Piscis Aust.	20.5	—29 35	—	—	—	1901	Fleming
S Lacertae	24.6	+39 48	*9.5*	<*12.9*	233	1891	Fleming
δ Cephei	25.4	+57 54	3.7	4.6	5.3 +	1784	Goodricke
R Indi	28.9	—67 48	8	12.5?	209	1884	Gould

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
W Cephei . .	22 32.6	+57 54	7.3	8.3	6.4 +	1885	Espin
R Lacertae . .	38.8	+41 51	8.4	< 13.5	299.8	1883	Deichmüller
U Lacertae . .	43.6	+54 38	8	—	—	1894	Espin
S Aquarii . .	51.8	—20 53	8	14.2	279.7	1853	Argelander
β Pegasi . . .	58.9	+27 32	2.2	2.7	Irr.	1847	Schmidt
— Pegasi . . .	59.2	+14 45	*8.8*	< *12.6*	—	1901	Pickering
R Pegasi . . .	23 1.6	+10 0	7.5	13.2	380.0 +	1848	Hind
Y Sculptoris .	3.7	—30 40	*7.8*	*8.9*	Irr.	1896	Fleming
V Cassiopejae .	7.4	+59 8	7.1	12.4	229	1893	Anderson
W Pegasi . . .	14.8	+25 44	7.5	12.4	341?	1895	Anderson
S Pegasi . . .	15.5	+ 8 22	8.4	12.9	317.5	1864	Marth
RU Aquarii . .	19.2	—17 52	*8.3*	< *9.4*	—	1901	Fleming
Z Andromedae .	28.8	+48 16	—	—	—	1901	Fleming
R Aquarii . .	38.6	—15 50	6.2	9.8	387.1 +	1811	Harding
Z Cassiopejae .	39.7	+56 2	9.5	15	—	1898	Anderson
Z Aquarii . .	47.1	—16 25	*8.2*	*9.3*	216?	1896	Fleming
ϱ Cassiopejae .	49.4	+56 56	—	—	—	1901	Wells
— Andromedae	50.3	+48 5	*9.3*	*9.8*	—	1898	Fleming
RR Cassiopejae	50.6	+53 10	9	11	147?	1900	Anderson
R Phoenicis . .	51.3	—50 21	7.4	12.0?	270	1884	Gould
V Cephei . . .	51.7	+82 38	6.2	7.1	360	1882	Chandler
R Tucanae . .	52.2	—65 56	*10.2*	< *12.6*	275	1892	Fleming
V Ceti	52.8	— 9 31	8.5	14?	261	1879	Peters
U Pegasi . . .	52.9	+15 24	9.3	9.9	0.3 +	1894	Chandler
R Cassiopejae .	53.3	+50 50	5.3	12.8	429.5 +	1853	Pogson
S Phoenicis . .	53.9	—57 8	*7.2*	*8.7*	151.2	1895	Fleming
Z Pegasi . . .	55.0	+25 21	*9*	< *11.5*	—	1901	Fleming
W Ceti . . .	57.0	—15 14	8.4	12.0	350	1894	Skinner
Y Cassiopejae .	58.2	+55 7	*9.8*	< *13.4*	434?	1898	Fleming

Der Farbenwechsel von α Ursae. Der französischen astronomischen Gesellschaft zu Paris hat H. E. Lau eine Reihe von Beobachtungen eingesandt über die Farbe von α im großen Bären.[1]) Er bemerkt, daß vor einem Vierteljahrhundert Dr. Klein diesen Farbenwechsel in seinen Beobachtungen erkannt und die Periode desselben auf 36 Tage festgestellt habe. Diese Schlüsse seien durch zahlreiche Beobachtungen von W. Weber (zu Peckeloh) an einem Refraktor von 70 *mm* Öffnung bestätigt worden. Nach diesem letztern Beobachter schwanke die Färbung von α Ursae regelmäßig zwischen gelblichweiß und feuerrot. Dieses Ergebnis habe jedoch Widerspruch gefunden, und u. a. Safarik behauptet, die Farbenänderung sei nicht vorhanden, auch ständen die Beobachtungen Webers sehr häufig in völligem Widerspruche mit denjenigen, welche am Observatorium zu Odder Prof. Koehl erhalten habe; es handle sich lediglich um eine physiologische Erscheinung. Um diese Frage zu entscheiden, habe Dr. von Konkoly, der in bezug auf den behaupteten Farbenwechsel etwas skeptisch war, am Kolorimeter der Stern-

[1]) Bulletin de la Société astronomique de Françe 1903 Mars p. 129.

warte O-Gyalla eine Reihe von Messungen veranlaßt, welche deutlich einen regelmäßigen Farbenwechsel erkennen ließen und die Periode desselben zu 54.5 Tagen ergaben. Nachdem H. E. Lau diese Beobachtungen in den Annalen der Sternwarte O-Gyalla kennen gelernt hatte, untersuchte er seine eigenen Farbenschätzungen des Sternes α Ursae. Diese sind an dem Fraunhoferschen Äquatorial von $3^1/_2$ Zoll Objektivöffnung der Sternwarte zu Kopenhagen bei 100facher Vergrößerung angestellt worden. Unter den 4000 Beobachtungen über die Farben der Fixsterne, welche Lau in seinen Beobachtungsregistern niedergelegt hat, fanden sich etwa zwanzig von α Ursae, die sich über zwei der angenommenen Perioden desselben erstrecken. Um diese Schätzungen auf Ziffern zu bringen, hat Lau folgende Skala angewandt: Weiß = 0, gelblichweiß = 1, gelblich = 2, gelb = 3, topasgelb = 4, orange = 5, rötlichgelb = 6, gelbrot = 7, rotgelb = 8, gelblichrot = 9, rot = 10. Unter den gleichzeitig mit α Ursae beobachteten Sternen fand er einige, die sehr geeignet erschienen, den Einfluß der jeweiligen persönlichen Auffassung in bezug auf die Farbenschätzung zu korrigieren. Es sind folgende: β Ursae minoris (Farbe im Mittel = 5.0) ζ Aurigae (Farbe = 6.3), ι Aurigae (Farbe = 5.2), α Tauri (Farbe = 5.9), β Geminorum (Farbe = 3.8). Die auf diese Weise gewonnenen Korrektionen belaufen sich bis zu $\pm$ 0.8 Einheiten der Farbenskala, Folgendes sind diese von Lau ermittelten korrigierten Farbenzahlen für α Ursae:

1902		Farbenskala
Januar	5	3.6
	11	3.9
	13	4.1
	15	2.8
	20	3.8
Februar	13	5.3
	21	4.3
März	11	3.1
	12	3.4
	22	3.1
	24	5.0
	25	5.7
	27	3.7
April	7	3.9
	8	5.7
	10	4.6
	14	3.5
	15	4.3

Indem er diese Daten durch eine Kurve darstellt, findet Lau, daß ein Minimum um den 20. Januar, ein anderes am 11. März, ein Maximum der Farbe dagegen am 11. Februar und gegen den 2. April stattgefunden habe. Hiernach schätzt er die Dauer der

Periode zu etwa 50 Tagen und die Farbe wechselnd zwischen gelb (2.8) und gelbrötlich (5.4). Diese geringe Veränderung im Farbentone, sagt, Lau, zeigt, daß Weber die Veränderung übertrieben hat, außerdem ist sie wegen ihres kleinen Betrages sehr schwer aufzufassen und würde den meisten Beobachtern entgehen, weshalb auch die entgegengesetzten Ansichten darüber verlautet sind.

Dr. C. Wirtz veröffentlichte ebenfalls Beobachtungen über den Farbenwechsel von α Ursae.[1] Dieselben sind in den Jahren 1893 bis 1895 mit großer Sorgfalt angestellt worden und ergaben mit zweifelloser Sicherheit eine Periode des Farbenwechsels, deren Dauer im Mittel 41.1 Tage beträgt. Das Maximum der Farbe (rötliches Licht) tritt 22.8 Tage vor dem Minimum (gelblichrötliches Licht) ein. »Nimmt man«, sagt Dr. Wirtz, »die Konstanz der Periode an, so drängt sich zur Erklärung des Farbenwechsels die ungezwungene, kosmogonisch plausible Hypothese auf, daß ein fast bis zur Rotglut abgekühlter Begleiter den noch hellgelb glänzenden Hauptstern in 41^{d} umkreist. Träfe dies zu, so dürften wir aber auch einen dem Farbenwechsel parallel gehenden Lichtwechsel erwarten, und zwar in einer Weise, wie wir ihn bei β Lyrae kennen. Eine einfache Überlegung lehrt nämlich, daß der Zusammenhang zwischen Farbe und Helligkeit wie folgt sich verhalten müsse: dem Minimum der Färbung entspräche ein Minimum des Lichtes, letzteres stiege bei mittlerer Färbung zu einem ersten Maximum an, sänke bei langsam zunehmender Rotfärbung auf ein sekundäres Minimum herab, erhöbe sich dann mit aufhellender Farbe wieder zu einem dem ersten gleichen Maximum, um endlich wieder im Minimum der Färbung ein Minimum der Helligkeit zu erreichen.«

Die Helligkeitsbeobachtungen über die Nova Persei 1901. Das Harvardobservatorium veröffentlicht eine sehr vollständige Zusammenstellung und Diskussion der über diese Nova bekannt gewordenen Helligkeitsbeobachtungen.[2] Dieselben wurden soviel als möglich sämtlich auf die gleiche Skala reduziert und dabei die Größenklassen, welche mit dem Meridianphotometer der Harvardsternwarte erhalten sind, adoptiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabellen niedergelegt und in einer graphischen Darstellung der Lichtkurve des Sternes, welche auf Tafel III in verkleinertem Maßstabe reproduziert ist. Die horizontalen Ziffern 5400 bis 6100 geben das Datum nach der sogenannten Julianischen Periode unter Fortlassung der konstanten Ziffer 2410000, und zwar entspricht die Zahl 5400 dem 15. Januar 1901, 5600 dem 3. August 1901 usw. Die vertikalen Ziffern 1—11 bezeichnen die Helligkeitsklassen der Nova zu der betreffenden Zeit. Die Untersuchung

[1] Sirius 1903 p. 193.
[2] Annals of Harvard Coll. Observatory 48. Nr. II.

dieser Helligkeitskurve lehrt, daß die Nova von der Unsichtbarkeit am 19. oder 20. Februar 1901 mindestens zu Größe 2.7 angestiegen war, als Dr. Anderson sie am 21. Februar zuerst sah. Am nächsten Tage war sie 0.9 Größe, und am 23. Februar hatte der Stern seine größte Helligkeit erreicht. Sogleich begann jetzt die Lichtabnahme um etwa 0.5 Größenklasse täglich bis zum 28. Februar, von wo ab der Betrag sich verminderte. Die merkwürdigen Schwankungen in Zu- und Abnahme der Helligkeit, denen der Stern während der Epochen 5455—5565 unterlag, sind in der abgebildeten Lichtkurve deutlich zu erkennen.

Untersuchungen von Prof. Barnard ergaben bis Ende Januar 1902, daß am Yerkesrefraktor die Nova Persei in der gleichen Stellung des Okulars wie jeder andre Stern am schärfsten erschien. Nachdem die Nova aus den Strahlen der Sonne herausgekommen und seit Juli 14 wieder beobachtet werden konnte, hat Prof. Barnard seine Versuche wieder aufgenommen, konnte aber auch am 29. August mit Sicherheit keinen Unterschied finden, obgleich ein solcher vielleicht angedeutet war. Die Farbe des Sternes war jetzt blaßweiß, während sie früher als grünlich- oder bläulichweiß bezeichnet worden war. Auch im September erschien der Stern meist blaßweiß, am 6. Oktober aber bläulichweiß. War das Fernrohr an diesem letztern Tage für einen gewöhnlichen Stern eingestellt, so war die Nova deutlich nicht am schärfsten, sondern außerhalb des Brennpunktes, sie erschien als Scheibchen mit einem hellen Punkte in der Mitte, ähnlich wie die Nova Aurigae in der letzten Hälfte des Jahres 1892. Am 6., 7. und 9. Oktober wurden sorgfältige Einstellungen gemacht, und es ergab sich, daß der Brennpunkt für die Nova durchschnittlich 0.22 Zoll (5.6 *mm*) entfernter lag als derjenige für die sonstigen Sterne. Es hatte also eine Änderung dahin stattgefunden, daß sich das Licht der Nova jetzt wie dasjenige eines planetarischen Nebels verhielt. Wahrscheinlich datiert diese Veränderung aus einer Zeit um den 29. August des Jahres.

Prof. C. Pickering macht[1]) darauf aufmerksam, daß P. Zwack vom Georgetown-College-Observatorium bereits vor mehr als einem Jahre seine Aufmerksamkeit auf einen lichtschwachen Stern gelenkt habe, der auf einer der frühern Photographien der Harvardsternwarte so nahe an dem Orte der heutigen Nova im Perseus erscheint, daß sorgfältige Messungen erforderlich sind, um zu entscheiden, ob er nicht völlig genau an diesem Orte stand. Prof. Pickering hat nun Photographien aus den Jahren 1890, 1891, 1893, 1894, 1897 und 1900 nach diesem Sternchen untersucht und gefunden, daß dasselbe auf diesen in verschiedenen Helligkeiten von 13. bis zur 14. Größe vorkommt, und daß sein Ort bis auf 1 oder 2 Bogensekunden genau mit dem Orte der heutigen Nova am Himmel übereinstimmt. Dieses

[1]) Harvard Obs. Circular Nr. 66.

Sternchen ist überdies identisch mit einem solchen, welches M. Blajko auf einer am 30. Januar 1897 erhaltenen Photographie sehr nahe bei dem Orte der heutigen Nova entdeckte, das aber in einem 15-zolligen Refraktor gegenwärtig unsichtbar ist. Aus allem ergibt sich, daß während mehrerer Jahre ein Stern, dessen Licht zwischen 14. und 15. Größe schwankte, so nahe am Orte der heutigen Nova Persei sich befand, daß es unentschieden bleiben muß, ob seine Position überhaupt von derjenigen der letztern verschieden war oder nicht. Nach einer Angabe von E. E. Barnard[1]) war die Nova zwischen dem 9. und 16. September 1902 nur noch 9.8 Größe und von blaßweißer Farbe.

Das Spektrum des Nebels um die Nova Persei. Auf der Licksternwarte ist der Croßleyreflektor in Verbindung mit einem Spektroskop, dessen Prisma und Linsen aus Quarz bestehen, benutzt worden zum Versuche einer photographischen Aufnahme des Spektrums des genannten Nebels. Es wurde durch Aufnahmen am 31. Oktober, 1., 2. und 4. November 1902, die zusammen einer Exponierung von mehr als 34 Stunden entsprechen, ein Negativ erhalten von der mit D bezeichneten hellsten Stelle des Nebels. Das Negativ zeigt ein sehr schwaches kontinuierliches Spektrum, dessen Hauptteil zwischen den Linien $H\beta$ und $H\gamma$ liegt. Dieses Band ist am hellsten etwas oberhalb $H\beta$ und nimmt stufenweise ab, bis es in der Gegend der Kalziumlinien H und K unsichtbar wird. Andeutungen von ein oder zwei hellen Linien sind vorhanden, aber das ganze Spektrum ist so schwach, daß sich darüber nur Vermutungen gewinnen lassen. Wie C. D. Perrine bemerkt[2]) ergibt sich wenigstens, daß die in Rede stehende Nebelmasse nicht das gewöhnliche Spektrum der Nebelflecken (aus hellen Linien bestehend) zeigt.

Die Nova Geminorum 1903. Eine von Prof. Turner am 16. März aufgenommene Photographie eines Teiles des Sternbildes der Zwillinge zeigte in α 6^h 37.8^m und $\delta + 30^0$ 2′ einen Stern 7. Gr., der in keinem bisherigen Sternkataloge enthalten und daher eine Nova ist. Photographische Aufnahmen in Greenwich am 26., 27. und 29. März zeigen den Stern in abnehmendem Lichte und völlig nebelfrei. Die spektroskopischen Aufnahmen in Cambridge (England) durch Prof. Newall ergaben ein Spektrum mit hellen und dunklen Linien, ähnlich demjenigen früherer neuer Sterne.

Prof. John G. Hagen S. J., Direktor des Georgetown-College-Observatoriums, hat ähnlich wie früher für die Nova im Perseus so auch für die jetzige Nova in den Zwillingen, Karten und Kataloge der umgebenden Sterne entworfen, welche die Mittel zu genauen Hellig-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3829.

[2]) Bull. Astr. Soc. Pacific Nr. 88.

keitsvergleichungen liefern. Der Ort der Nova wird von ihm (für 1900.0) wie folgt angegeben:

$$AR\ 6^h\ 37^m\ 49.0^s,\ D + 30^0\ 2.6'.$$

Die telegraphische Nachricht von der Entdeckung des neuen Sternes in den Zwillingen erreichte am 27. März die Yerkessternwarte, und noch an dem nämlichen Abende wurde die Nova am 40-zolligen Refraktor dort beobachtet.[1] Der Stern erschien augenfällig rot, und zwar, wie eine spektroskopische Besichtigung sogleich ergab, infolge der großen Intensität der $H\alpha$-Linie. Daneben waren verschiedene helle Linien in Gelb und Blau sichtbar auf dem Hintergrunde eines schwachen kontinuierlichen Spektrums. Die Umgebung der Nova war am 21. Februar mit dem 2-füßigen Reflektor photographiert worden, um einen nahestehenden veränderlichen Stern aufzunehmen, jetzt wurde die damals erhaltene Platte nachgesehen und am Orte der Nova ein Stern etwas heller als 15. Gr. gefunden, der entweder mit der Nova identisch ist oder ihr innerhalb 3″ nahe steht. Am 28. und 29. März wurde diese Stelle mit dem 2-füßigen Reflektor wieder aufgenommen mit einer Gesamtexposition von $8\,^3/_4$ Stunden. Die äußern Verhältnisse waren gut, doch zeigt sich keine Spur von Nebel um oder bei dem neuen Sterne. Prof. Barnard hat am 27. und 30. März den Ort der Nova bestimmt durch mikrometrischen Anschluß an einen Stern der Bonner Durchmusterung und findet (für 1900.0) $AR = 6^h\ 37^m\ 48.99^s$ $D = + 30^0\ 2'\ 39.3''$. Helligkeitsschätzungen ergaben die Nova am 4. April als 9. Gr.

Die photographische Aufnahme des Spektrums der Nova zeigt ein sehr helles Band zwischen den Wellenlängen λ 4598 und 4696 (Mitte desselben bei λ 4647) und die starke $H\beta$-Linie von λ 4839 bis 4886 (Mitte bei λ 4862). Außerdem zeigen sich zwei schmale helle Maxima nahe der weniger brechbaren Seite der Linie $H\beta$ bei λ 4877 und 4882. Am weniger brechbaren Ende der Platten erscheinen zwei ziemlich starke Banden, eine von λ 5647—5685 (Mitte bei λ 5666), die andre von λ 5729—5775 (Mitte bei 5752). Die minder brechbare dieser Linien ist an der violetten Seite scharf abgeschnitten, so daß man dort eine dunkle Linie vermuten könnte. Die Linie $H\gamma$ ist als sehr feines Band sichtbar, das mit einem hellen Bande von λ 4347—4371 (Mitte λ 4359) verschmilzt. Das Spektrum der Nova entspricht denjenigen der neuen Sterne im Perseus und Fuhrmann in den spätern Stadien ihrer Entwicklung. Prof. Edw. Pickering berichtet,[2] daß nach photographischen Aufnahmen auf der Harvardsternwarte die Nova vom 17.—21. April einen Helligkeitszuwachs zeigte, indem die photographische Größe derselben von 9.06 auf 8.80 zunahm, dann sank sie wieder bis zur 9.8 Größe. Am

[1] Yerkes-Observatory Bulletin Nr. 19.
[2] Astron. Nachr. Nr. 3867.



Abende des 1. Mai schien die Nova fast $^1/_2$ Größenklasse heller als 24 Stunden vorher, nämlich 9.3 Gr.

Auf der Licksternwarte konnte wegen ungünstiger Witterung die Untersuchung der Nova erst am 1. April beginnen.[1]) An diesem Tage wurden mit dem Croßleyreflektor bei Expositionen von 1 Minute bis 106 Minuten vier photographische Negative erhalten. Diese Aufnahmen zeigen, daß die Nova ungeachtet ihrer rötlichen Farbe reich an aktinischen Strahlen ist. Bei Schätzung der Helligkeit mit bloßem Auge fand sich die Nova 0.1—0.2 Größenklasse heller als ein benachbarter Stern, der in der Bonner Durchmusterung zu 8.6 Gr. angegeben ist. Die genaueste Untersuchung der Platten ließ keine Spur von Nebeligkeit um dieselbe erkennen, wie solche bei der Nova im Perseus sichtbar war, was an und für sich nicht überraschen kann, wenn man erwägt, wie viel heller diese war als die jetzige Nova in den Zwillingen. Es wurde auf der Licksternwarte beabsichtigt, eine Aufnahme mit 4 oder 5 Stunden langer Exponierung auszuführen, ein Plan, der aber leider durch anhaltend schlechtes Wetter vereitelt wurde.

Die Position der Nova ergab sich aus der Photographie am Croßleyreflektor, auf der außer der Nova noch 13 Sterne sich befanden, deren Orte anderweitig bekannt sind, im Mittel (für 1903.0):

Rekt. $6^h\ 38^m\ 0.5^s$, Dekl. $+30^0\ 2'\ 28.7''$.

Auf den Platten erscheinen innerhalb eines Kreises von 2′ Durchmesser um die Nova 11 Sterne von 9.4—15. Gr., von denen einer ein Doppelstern ist.

Das Spektrum der Nova wurde zunächst am Croßleyreflektor mit dem kleinen spaltlosen Spektrographen aufgenommen, und zwar 6 Negative in der Nacht des 2. April mit Expositionen von 10 Sekunden bis zu 19 Minuten. Mit 30 Sekunden Exponierung erschienen die stärkern Linien recht schwach, 5 Minuten Expositionsdauer gaben dagegen ein gutes Negativ. Das Spektrum zeigte sich bestehend aus hellen Linien und Banden, die einem kontinuierlichen Spektrum überlagert sind, und ausgedehnt von der Linie $H\beta$ bis zur Wellenlänge λ 335. Im allgemeinen Aussehen ist es ähnlich dem Spektrum der Nova im Perseus, wie dieses im April 1901 von Campbell und Wright mit dem Millsspektrographen erhalten wurde, in demjenigen Teile nämlich, wo die beiden Instrumente vergleichbare Bilder geben. Da keine Aufnahmen des ultravioletten Spektrums der Nova im Perseus aus der Zeit vor September 1901 vorhanden sind, als der Stern keinen Nebel zeigte, so ist das frühere Verhalten der Spektrallinien λ 339 und λ 346 unbekannt. Im Spektrum der Nova in den Zwillingen zeigen sich diese Linien in den obigen Aufnahmen noch nicht, doch ist das Spektrum an den betreffenden Stellen entschieden

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 37.

kräftiger. Wenig Ähnlichkeit zwischen dem Spektrum der Nova Persei im September 1901 und dem obigen Spektrum der Nova Geminorum zeigt sich in der Region oberhalb der Linie H δ, auch ist die Hauptnebellinie bei λ 501 im letzten Spektrum nicht zu sehen, während sie in jenem der Nova Persei sehr deutlich war. Es ist wahrscheinlich, daß diese Unterschiede beider Spektra von dem verschiedenen Stadium der Entwicklung beider Sterne zur Zeit der Aufnahme herrühren, und daß, sobald die Nova Geminorum das Nebelstadium erreicht hat, ihr ultraviolettes Spektrum mehr und mehr mit dem der Nova Persei übereinstimmen wird.

Am 3., 5., 6. und 8. April wurden weitere Spektrogramme erhalten. Ein Vergleich der Aufnahme vom 2. mit derjenigen vom 8. April zeigt, daß innerhalb dieser 6 Tage Veränderungen im Charakter des Spektrums stattgefunden hatten. Die bemerkenswertesten derselben sind im ultravioletten Teile erkennbar, wo das kontinuierliche Spektrum schwächer geworden war, und folglich die Banden λ 350, 374 und 384 deutlicher hervortraten. Ferner sind Anzeichen vorhanden über die Entwicklung der Linien bei λ 339 und 346; unterhalb der Linie H δ scheint dagegen keine merkliche Änderung im Aussehen des kontinuierlichen Spektrums eingetreten zu sein. Die Linie H β war dagegen schwächer geworden, und Spuren von Erhellung zeigen sich in der Region der Hauptnebellinie. Die Untersuchung des Spektrums mit bloßem Auge zeigte die Linie H α stets sehr augenfällig, und eine Zunahme der Helligkeit dieses Spektrums in dem gelben Teile nahe der Natriumlinie wurde festgestellt. Die optische Helligkeit der Nova nahm vom 1.—8. April langsam ab, sie war am letzten Tage 8.6 Gr. Eine am 18. April erhaltene spektrographische Aufnahme zeigte keine weitern Änderungen. Am 26. April wurden 2 Aufnahmen erhalten, davon eine mit 1^h Exponierung. Dieses Negativ zeigt eine Linie von der Wellenlänge λ 501, wahrscheinlich die Hauptnebellinie. Eine am 11. Mai unter ungünstigen Umständen erhaltene Aufnahme zeigt gleichwohl die Hauptnebellinien deutlicher als die frühere Aufnahme. Die Nova war an diesem Abende etwa 9.5 Gr. Die vorstehend mitgeteilten Untersuchungen sind von C. D. Perrine ausgeführt worden.

Die Nachforschung in dem photographischen Materiale der Harvardsternwarte ergab,[1]) daß die Gegend der Nova 1903 März 1 15^h 3^m m. Gr. Zt. aufgenommen worden war, daß aber diese Platte, welche Sterne 11.9 Gr. enthält, keine Spur der Nova zeigt. Ebensowenig findet sich solche auf 16 Platten zwischen dem 3. März 1890 und dem 28. Februar 1903, obgleich alle diese Platten Sterne bis unter 12. Größe enthalten. Eine Platte aufgenommen 1903 März 2 13^h 19^m zeigt Sterne 9. Größe, aber von der Nova nichts. Die nächstfolgende Platte ist vom 6. März 14^h 28^m und stellt die Nova als Stern

[1]) Harvard-Observatory Circular Nr. 70.

5.6 Größe dar. In den darauf folgenden Nächten des 11., 12., 13., 14. und 15. März zeigt die Nova auf den Platten langsame Lichtabnahme auf 6.8, 7.1, 7.15, 7.3, 7.4 Größe. Das Spektrum zeigt sich ähnlich dem der Nova Sagittarii am 19. April 1898. Nach den Beobachtungen von Barnard[1]) war die Nova Ende April bereits zur 10. Größe herabgesunken, stieg dann aber wieder etwas, um vom 18. Mai ab abermals die 10. Größe zu erreichen.

Ein Verzeichnis von 100 neu entdeckten und vermessenen Doppelsternen veröffentlicht W. J. Hussey.[2]) Es ist der 6. Katalog der von ihm am 12- und 36-zolligen Refraktor der Lick-sternwarte entdeckten Doppelsterne, Die Distanzen der Begleiter vom Hauptstern sind sämtlich geringer als 5″. Besonders interessant ist der Stern Nr. 507 als ungewöhnlicher dreifacher Stern. Sein Ort am Himmel (für 1900.0) ist:

$$\text{AR } 0^h\ 22^m\ 21^s,\ D + 48^0\ 28.2';$$

der Hauptstern A ist 9.3, die Begleiter sind: B 9.5, C 9.8 Gr. Hussey gibt folgende Messungen (für 1902.75):

	d	p
AB	d = 1.55″	p = 130.3°
BC	1.47	243.6
AC	1.61	183.7

Einen ähnlichen dreifachen Stern hat Hussey noch nicht gesehen; die Helligkeit der Komponenten ist nahezu gleich, und sie bilden fast ein gleichseitiges Dreieck.

Der Stern Nr. 580 des Verzeichnisses (ι Serpentis) in

$$\text{AR } 15^h\ 37^m\ 6^s;\ D + 19^0\ 59.5'$$

besteht aus 2 Sternen 5.0 Gr. von nur 0.21″ Distanz; nur die allergrößten Refraktore können die Duplizität zeigen. Das Paar ist ähnlich δ Equulei und ϰ Pegasi, den beiden Systemen mit dem raschesten Umlauf ihrer Begleiter.

Der Struvesche Doppelstern 0Σ 128 (AR $5^h\ 56^m\ 33^s$, D + 51° 34.6′) zeigte den Begleiter selbst doppelt (9.0 und 10,0 Gr.), 1902.76 : d = 0.52″ p = 339.5°. Die Hauptkomponente des Struveschen Doppelsternes Σ 608 in

$$\text{AR } 4^h\ 50^m\ 6^s;\ D + 51^0\ 56.2'$$

erwies sich ebenfalls doppelt (8.5 und 8.7 Gr.). Die Messungen (1902.71) ergaben: d = 0.16″, p = 309.6″.

Der Herschelsche Doppelstern h 3196 in

$$\text{AR } 23^h\ 24^m\ 40^s,\ D - 21^0\ 7{,}6'$$

zeigte den Hauptstern doppelt (8.5 und 8.8 Gr.), die Messungen (1901.44) ergaben: d = 0.40″ p = 85.4°. Der Herschelsche Begleiter hat gegen den Hauptstern folgende Position (1900.776) d = 20.74″ p = 19.6°.

[1]) Astrophys. Journal 1903. p. 376.
[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 27.

Messungen von 117 neuen Doppelsternen an dem 12- und dem 36-zolligen Refraktor der Licksternwarte veröffentlicht B. G. Aitken.[1]) Was die Distanzen des Begleiters betrifft, so verteilen sich dieselben in folgender Weise:

0.25" oder weniger	8	Sterne
0.26" bis 0.50"	24	„
0.51 „ 1.00	28	„
1.01 „ 2.00	29	„
2.01 „ 5.00	28	„

Mit nur wenigen Ausnahmen sind die Hauptsterne dieser Paare unter 8. Größe. Von hellen Sternen ist 83 Aquarii (A.R. $22^h\ 59^m\ 57^s$ D — $8^0\ 14'$ für 1900.0) bemerkenswert. Dieser besteht hiernach aus 2 Sternen je 6. Größe in folgender Position $p = 61.0^0$ $d = 0.19''$ 1902.64.

Die Bahn von ξ Bootis ist von W. Doberck neu berechnet worden,[2]) nachdem die früher (1888) abgeleitete Bahn die beobachteten Distanzen gegenwärtig nicht mehr genügend darstellt. Die Beobachtungen, auf welche die neue Rechnung sich stützt, umfaßt den Zeitraum von 1820—1900 und führten auf folgende Bahnelemente:

$\Omega = 183^0\ 8'$	P = 140.84 Jahre
$\lambda = 314^0\ 6'$	T = 1907.10 „
$\gamma = 46^0\ 8'$	a = 1.5115"
e = 0.6163	Bewegung: rückläufig

Die Bahn des Doppelsternes ε Hydrae. Dieser Stern 3.8 Gr. hat, wie F. W. Struve früher gefunden, einen Begleiter 7.8 Gr. in 3.5" Distanz (Σ 1273). Schiaparelli entdeckte 1888, daß der Hauptstern für sich doppelt ist und aus 2 Sternen 4.5 und 5. Gr. besteht, die nur 0.2" voneinander entfernt sind. Die Messungen, die Burnham in den Jahren 1888—1892 ausgeführt, zeigten, daß dieser Begleiter seinen Positionswinkel in diesen 4 Jahren um 40^0 änderte, und fernere Messungen auf der Licksternwarte ergaben bis 1900 sogar eine Stellungsänderung bis zu 150^0. Im Jahre 1901 konnte Aitken auch am 36-Zoller der Licksternwarte den Stern nur einfach und rund sehen, aber im darauffolgenden Jahre und ebenso 1903 bot die Messung keine Schwierigkeiten dar. Auf Grund sämtlicher Messungen findet Aitken jetzt,[3]) daß die Umlaufsdauer des Begleiters nur 15.7 Jahre beträgt, als Zeit des Periastrums 1901.1, als halbe große Achse der scheinbaren Bahn 0.24" und als Exzentrizität 0.685. Diese Ergebnisse können aber nur als provisorische betrachtet werden. Die beiden Komponenten sind nach Aitken in Helligkeit um 2 Größenklassen verschieden. Der Struvesche Begleiter hat seine Position seit 1830 um 38^0 geändert, während

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 29.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 3900.

[3]) Publ. Astron. Soc. of the Pacific 1903. Nr. 89. p. 85. Lick-Observatory Bulletin p. 36.

sein Abstand vom Hauptsterne unverändert blieb. Sonach ist er also mit diesem physisch verbunden, und ε Hydrae bildet optisch ein dreifaches System. Die neuesten spektroskopischen Untersuchungen des Hauptsternes zeigen, daß dessen radiale Geschwindigkeit (in der Gesichtslinie zur Erde) veränderlich ist, vermutlich in verhältnismäßig langer Periode. Es ist von Interesse, daß die Platten, welche die größte Geschwindigkeit (+ 43 *km* in der Sekunde) anzeigen, erhalten wurden, als der innerste optische Begleiter nahe in der Linie der Knoten stand, während die Platten mit der geringsten Geschwindigkeit (+ 28 *km*) erhalten wurden, nachdem derselbe einen Bogen von 180° beschrieben hatte und wieder nahe der Knotenlinie stand. Dies macht wahrscheinlich, daß der Hauptstern und sein sichtbarer Begleiter identisch ist mit dem spektroskopischen Doppelsterne, doch müssen weitere Beobachtungen abgewartet werden, ehe diese Tatsache als sicher betrachtet werden kann.

Die radialen Geschwindigkeiten von 20 Sternen mit Spektren des Oriontypus wurden auf der Yerkessternwarte mit dem Brucespektrographen bestimmt.[1]) Obgleich diese Spektra den Messungen große Schwierigkeiten entgegensetzen, sind die erhaltenen Resultate doch recht gut übereinstimmend. Zu den Messungen wurden Spektrallinien des Heliums, Sauerstoffs, Siliciums, Stickstoffs, Wasserstoffs und Magnesiums benutzt. Die für die einzelnen Sterne erhaltenen Resultate sind folgende in Kilometern pro Sekunde:

Stern	km	Stern	km
γ Pegasi	+ 5.4	ε Can. maj.	+ 27.2
ζ Cassiopeiae	+ 2.9	η Leonis	+ 3.5
ε Cassiopeiae	— 5.9	γ Corvi	— 7.0
ζ Persei	+ 22.1	τ Herculis	— 12.7
β Orionis	+ 20.7	ζ Draconis	— 14.4
γ Orionis	+ 18.0	ι Herculis	— 16.4
ε Orionis	+ 26.7	67 Ophiuchi	— 3.1
ζ Orionis	+ 18.3	102 Herculis	— 10.8
$\varkappa$ Orionis	+ 17.1	η Lyrae	— 9.1
β Can. maj.	+ 32.6	ε Delphini	— 26.2

Ein Stern mit großer Radialbewegung ist nach H. M. Reese φ^2 Orionis ($\alpha = 5^h\ 31^m\ \delta = +9^0\ 15'$). Dieselbe wurde im Herbst 1902 zu + 94 bis + 102 *km* von Curtis gefunden.[2])

Fundamentalsterne zur Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten. Prof. Edwin B. Frost hat den Vorschlag gemacht, behufs Vergleichung der Genauigkeit der Messungen eine Anzahl von Fundamentalsternen auszuwählen, die von den verschiedenen Beobachtern welche sich mit spektroskopischen Ermittlungen der in die

[1]) Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific 1903. Nr. 89 p. 103.
[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 31.

Gesichtslinie zur Erde fallenden (radialen) Komponente ihrer Eigenbewegungen beschäftigen[1]) alljährlich und genau bestimmt werden sollen. Er schlug zu diesem Zwecke die in nachstehendem Verzeichnis aufgeführten 20 Sterne vor. Die dabei angegebene Spektralklasse ist der Klassifikation von Miss Maury entnommen.

Sterne	R. A.	Dec.	Größe	Spektralklasse
β Cassiopeiae . .	0h 04m	+58° 36′	2.4	XII ab
α Arietis	2 02	+23 0	2.0	XV a
α Persei	3 17	+49 30	1.9	XII ac
α Tauri	4 30	+16 19	1.0	XVI a
β Leporis	5 24	−20 51	3.0	XIV a
γ Geminorum . .	6 32	+16 29	2.0	VIII a
β Geminorum . .	7 39	+28 16	1.1	XV a
β Cancri	8 11	+ 9 30	3.8	XV a
α Hydrae	9 23	− 8 13	2.2	XV a
α Crateris . . .	10 55	−17 46	4.1	XV a
β Corvi	12 29	−22 50	2.8	XIV a
α Bootis	14 11	+19 44	0.0	XV a
α Serpentis . . .	15 39	+ 6 44	2.7	XV a
β Ophiuchi . . .	17 38	+ 4 36	2.9	XV a
η Serpentis . . .	18 16	− 2 56	3.4	XV a
γ Aquilae	19 42	+10 22	2.8	XV a
ε Cygni	20 42	+33 36	2.7	XV a
ε Pegasi	21 39	+ 9 25	2.4	XV a
α Aquarii	22 01	− 0 49	3.2	XIV ac
γ Piscis	23 12	+ 2 44	3.8	XV a

Dieser Vorschlag hat den Beifall der Hauptbeobachter auf diesem Gebiete, Belopolsky, Campbell, Newall, Vogel gefunden und ist im wesentlichen von diesen angenommen.

Spektroskopische Doppelsterne. Mit der Genauigkeit der spektrographischen Apparate nimmt die Zahl der auf spektroskopischem Wege als Doppelsysteme erkannten Fixsterne stetig zu, und es hat fast den Anschein, als wenn im Fixsternreiche die isolierten Sterne wie unsere Sonne keineswegs die Regel bilden. Seit dem letzten Berichte[2]) sind auf der Licksternwarte folgende Sterne mit veränderlichen Bewegungen in der Gesichtslinie zur Erde, die also spektroskopisch nachweisbare Doppelsterne sind, entdeckt worden:[3])

ν Andromedae. Gemäß den Verschiebungen von Spektrallinien des Heliums und Magnesiums betrug die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde am 8. Oktober 1902 — 17 *km* in der Sekunde, am 5. November — 76 *km*, am 14. Januar 1903 + 49 *km*.

[1]) Astrophysical Journal 1903. **16.** Nr. 3. p. 169.

[2]) Dieses Jahrbuch **13.** p. 123.

[3]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 31 u. 46.

π^4 Orionis. Das Spektrum ist ähnlich dem des vorher genannten Sternes. Die radiale Geschwindigkeit war 1902 Oktober 6 $+43$ *km*, 1903 Januar 4 0 *km*, Januar 12 $+6$ *km*.

σ Geminorum. Das Spektrum enthält eine große Anzahl metallischer Linien, doch sind die meisten nicht scharf, so daß die Messungen weniger genau ausfallen, als sonst der Fall sein würde. Es ergibt sich aus ihnen für 1902 März 16 eine radiale Geschwindigkeit von $+74$ *km*, 1903 Januar 12 von $+12$ *km*, Januar 13 von $+9$ *km*.

ι Argus. ($\alpha = 8^h\ 3.3^m$; $\delta = -24^\circ\ 1'$). Von Prof. Campbell schon 1898 erkannt. Die Geschwindigkeit variiert nach den Messungen von Reese zwischen $+41.9$ und $+50.3$ *km*.

γ Corvi. Gemessen wurden 5 Platten die, vom 30. Dezember 1902 bis zum 17. Mai 1903 aufgenommen waren. Die Geschwindigkeit variiert zwischen -20 und $+4$ *km*,

η Virginis. 2 Aufnahmen (1903 Mai 17 und 24) lieferten Geschwindigkeiten von $+17$ und $+4$ *km*.

α Draconis. Das Spektrum dieses Sternes wurde 1902 Juni 16 und 1903 April 29, sowie Mai 24 photographiert. Die Untersuchung ergab Veränderung der radialen Geschwindigkeit zwischen 0 und -43 *km*.

ε Herculis. 2 Aufnahmen im Mai 1903 zeigen Veränderungen der Geschwindigkeit von -70 und -34 *km*.

δ Aquilae. 4 Aufnahmen in den Jahren 1900—1903 lassen Geschwindigkeitsänderungen von -2 bis -35 *km* erkennen.

Auf der Yerkessternwarte wurden durch Edwin B. Frost und Walter S. Adams folgende Sterne mit veränderlichen Radialgeschwindigkeiten entdeckt:[1])

δ Ceti. Die Geschwindigkeit wechselt zwischen $+6$ und $+16$ *km* in der Sekunde. Die Spektrallinien sind jedoch scharf und relativ leicht messbar.

ν Eridani. Ähnelt im Spektrum δ Ceti; die Geschwindigkeit wechselt zwischen $+3$ und $+28$ *km*.

π^5 Orionis. Die Messungen sind schwierig. Der Wechsel der Geschwindigkeit rangiert zwischen -35 und $+73$ *km*, und die Periode ist augenscheinlich kurz.

ζ Tauri. Das Spektrum dieses Sternes ist eigentümlich. Die Linie Hγ erscheint auf den Platten bemerkenswert scharf und intensiv. Die Geschwindigkeit wechselt zwischen $+2$ und $+34$ *km*, und die Periode scheint ziemlich lang zu sein.

η Virginis. 3 Platten ergaben Geschwindigkeiten zwischen -31.5 und $+0.2$ *km*. Der Stern zeigt ein zusammengesetztes Spektrum, beide Komponenten gehören zu Vogels Typus Ia 2 oder Miss Maurys Typus VIIIa.

u Herculis. Dieser Stern gehört zu den photometrisch veränderlichen; seine Geschwindigkeit wechselte 1903 in den Monaten

[1]) Astrophys. Journal 1903. 17. p. 150. 246. 381. 18. p. 69.

Februar bis Mai zwischen —65 und +101 *km*. Die Linien seines Spektrums sind breit und verwaschen, die Messungen daher um mehrere Kilometer unsicher.

57 Cygni. 2 Aufnahmen im Mai 1903 lieferten Geschwindigkeiten von —114 und —23 *km*.

61 Cygni. Dieser Doppelstern ist bekannt als der erste Fixstern, dessen Entfernung von der Erde (durch Bessel) direkt gemessen wurde, und ist daher die Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten seiner beiden Komponenten von besonderem Interesse. Die Anwendung des Brucespektrographen mit einem Prisma bot die Möglichkeit, für beide Komponenten gesonderte Bestimmungen zu erhalten. Diese Aufnahmen geschahen durch Walter S. Adams. Die Messungen des Hauptsternes 61^1 Cygni an den Aufnahmen vom 11. August 1902, vom 17. Mai und 6. Juni 1903 ergaben in guter Übereinstimmung als Geschwindigkeit in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde den Wert von —62 *km* pro Sekunde. Die Aufnahmen am 9. Januar, 7. Mai und 5. Juni 1903 ergaben für den Begleiter 61^2 Cygni im Mittel eine Geschwindigkeit von —63 *km* in der Sekunde. Die Unsicherheit beider Resultate übersteigt wahrscheinlich nicht 3 *km*. Für den Stern 61^1 Cygni hatte 1895 Belopolsky in Pulkowo aus Aufnahmen auf 2 Platten eine radiale Geschwindigkeit von —54 *km* erhalten. Diese Messungen sind nicht so genau als die jetzt von der Yerkessternwarte veröffentlichten, doch stehen sie mit diesen in guter Übereinstimmung und beweisen, daß die zuletzt erhaltenen Werte von der Wahrheit nicht weit abweichen können. Ferner lehrt die Übereinstimmung der für die beiden Komponenten von 61 Cygni erhaltenen Radialgeschwindigkeiten, daß diese Sterne physisch zusammengehören. Nimmt man für sie eine Parallaxe von 0.4″ und eine scheinbare Eigenbewegung von 5.2″ jährlich an, so ergibt sich als ihre wahre Bewegung im Raume eine Geschwindigkeit relativ zur Sonne von 64 *km* in der Sekunde, während die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne nur 29.6 *km* pro Sekunde beträgt.

ε Ursae majoris. Die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes ist schon 1889—1890 in Potsdam zu —30.4 *km* pro Sekunde bestimmt worden. Eine Aufnahme mit dem Bruceschen Spektrographen im April 1902 ergab dafür den sehr abweichenden Wert —8 *km*. Die Linien im Spektrum dieses Sternes sind zwar schwierig zu messen, aber die gefundene Abweichung von den Ergebnissen der Potsdamer Messungen erschien doch so erheblich, daß der Stern auf der Yerkessternwarte auf die Liste der noch weiter zu beobachtenden Sterne gesetzt wurde. Infolgedessen sind in den Jahren 1902 und 1903 an 9 Abenden photographische Spektralaufnahmen desselben ausgeführt worden, die im Mittel auf eine Geschwindigkeit von —9.4 *km* pro Sekunde führten. Sonach ist kein Zweifel, daß die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes erheblich von derjenigen im Jahre 1899 abweicht, und es wird wahrscheinlich, daß er ein spektro-

skopischer Doppelstern von wesentlich längerer Umlaufsdauer ist als die bis jetzt bekannten.

β Scorpii. Es liegen 4 Aufnahmen aus 1902 und 1903 vor, aus denen sich Geschwindigkeiten zwischen +19 und —99 *km* ergaben. Das Spektrum dieses Sternes gehört dem Oriontypus an, aber alle Linien desselben sind ungemein breit, und daher die Messungen um verschiedene Kilometer unsicher.

ε Herculis. Dieser Stern besitzt ein zusammengesetztes Spektrum, und dessen Veränderungen werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. 3 Aufnahmen aus den Monaten April, Mai und Juni 1903 lieferten Geschwindigkeiten von —58, —43 und —22 *km*, doch sind diese Angaben nur provisorische.

τ Tauri. 3 Aufnahmen im Februar und März 1903 zeigten, daß dieser Stern, der seinem Spektrum nach zum Oriontypus gehört, Veränderungen der radialen Geschwindigkeit besitzt, die bis zu 75 *km* sich belaufen.

ψ Orionis. Ebenfalls ein Stern des Oriontypus. 3 Aufnahmen im Februar und März 1903 ergaben radiale Geschwindigkeiten von —122, +148 und —13 *km*, also eine ganz ungemein große und dabei rasche Veränderlichkeit.

Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam sind ebenfalls wieder mehrere spektroskopische Doppelsterne entdeckt worden, worüber folgendes zu berichten ist:

o Persei. Dieser Stern wurde 1877 von Burnham als Doppelstern erkannt, mit einem Begleiter 7.—8. Größe. Die scheinbare Distanz des letztern von seinem Hauptsterne beträgt etwa 1″, und geringe Bewegungen desselben im Positionswinkel sind angedeutet. Im Frühjahre 1902 wurde von o Persei auf der Yerkessternwarte an 5 Abenden das Spektrum photographiert, und nach der Mitteilung von W. S. Adams[1]) zeigten sich dabei Verschiebungen der dunklen Linien, welche auf Geschwindigkeiten des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde von mehr als 100 *km* pro Sekunde führten, und außerdem rasche Änderungen derselben. Dies veranlaßte H. C. Vogel, die spektralphotographische Aufnahme des Sternes näher ins Auge zu fassen. Die Ergebnisse, zu denen diese Arbeiten führten, hat Prof. Vogel der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften unlängst vorgelegt,[2]) diese Abhandlung enthält im wesentlichen das Nachfolgende:

Einige Aufnahmen vom Spektrum dieses Sternes, von Dr. Eberhard mit dem Spektrographen IV am photographischen Refraktor (32.5 *cm*) des Potsdamer Observatoriums angefertigt, zeigten, daß *o* Persei auch mit diesem Instrumente unter Anwendung stärkerer Zerstreuung, wie sie der Spektrograph IV gibt, mit Erfolg zu beobachten ist. Bisher sind von Dr. Eberhard unter Assistenz von Dr. Scholz 18 Spektro-

[1]) Astrophys. Journal 15. Nr. 3.

[2]) Sitzber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1902. 53. p. 113 ff.

gramme hergestellt worden, deren Ausmessung und weitere Bearbeitung Prof. Vogel vorgenommen hat. Der Stern ist 4. Größe; sein Spektrum ist ein schlecht ausgeprägtes Spektrum der Klasse Ib, in dem Prof. Vogel nach frühern Aufnahmen bei geringerer Dispersion 16 Linien, meist dem Wasserstoffe und dem Cleveïtgase angehörig, messen konnte.[1] Die Linien, besonders die des Wasserstoffes, waren auch bei schwacher Dispersion sehr matt und überdeckt. Bei der stärkern Zerstreuung des Spektrographen IV erschien in dem untersuchten Teile des Spektrums die Wasserstofflinie $H\gamma$ als eine schwache Aufhellung in dem kontinuierlichen Spektrum; die außerdem noch sichtbare und meßbare, dem Cleveïtgasspektrum angehörende Linie λ 4472 war matt und breit, und die auf den meisten Platten meßbare Clevïetlinie λ 4388 war ihr ähnlich.

Die Messungen konnten sich nur auf die sehr breite, verwaschene $H\gamma$-Linie und auf die beiden matten, breiten Cleveïtgaslinien λ 4388 und λ 4472 beziehen.

Dr. Eberhard hat sich die größte Mühe gegeben, die Expositionszeit den atmosphärischen Verhältnissen anzupassen, und hat besonders auch große Sorgfalt auf die Entwicklung der Platten verwendet. Die Expositionszeit schwankte zwischen 30 und 60 Minuten; im Durchschnitte war sie 40 Minuten. Die Spaltbreite betrug bei allen Aufnahmen 0.02 *mm*.

Ob bei der neun- bis zehnmal größern Lichtstärke des Instrumentes der Yerkessternwarte und der dadurch bedingten kürzern Expositionszeit die Aufnahmen bei derselben Dispersion erheblich besser werden können, schien Prof. Vogel bei der Eigentümlichkeit des Spektrums fraglich, sonst hätte er die Untersuchung nicht weitergeführt und würde sich damit begnügt haben, aus der Messung an einigen Aufnahmen zu konstatieren, daß bei diesem Sterne innerhalb einer Periode von 4.4 Tagen Änderungen der im Visionsradius gelegenen Geschwindigkeitskomponente von über 200 *km* pro Sekunde vorkommmen,

Über die Messungen teilt Prof. Vogel noch mit, daß er die Verschiebungen der Linien im Sternspektrum aus der Messung der Distanz der drei oben erwähnten Linien im Sternspektrum gegen benachbarte Linien des Vergleichsspektrums (Fe) abgeleitet hat.

Die Messungen auf den Platten sind ganz besonders schwierig, und Prof. Vogel bemerkt in dieser Beziehung beispielsweise, daß unter schwacher (zehnfacher) Vergrößerung auf einer Platte eine der Linien ganz schief zur Längsrichtung des Spektrums zu stehen schien, während unter Anwendung stärkerer Vergrößerung, bei welcher die Struktur der Platte deutlich zu erkennen war, sich herausstellte, daß durch einen kleinen schrägen Strich, der sich innerhalb der Spektral-

[1]) Publik. des Astrophys. Obs. **12.** p. 33.

linie des Sternes durch Zusammenfließen einiger Silberkörnchen gebildet hatte, der Eindruck des Schiefstehens der Linie bei schwächerer Vergrößerung hervorgebracht wurde.

Im ganzen wurden 18 Platten untersucht, die in der Zeit vom 2.—27. November 1902 aufgenommen waren. Die erhaltenen Ergebnisse für die Geschwindigkeiten und die Zeiten der Aufnahmen, auf die sie sich beziehen, wurden durch eine Kurve verbunden, wodurch sich ergab, daß die Periode zu 4.39 Tagen anzusetzen ist. Eine genauere Ableitung derselben ist erst auf Grund weiterer Beobachtungen nach längerer Zeit möglich. Die Annahme 4.39 Tage hat jedoch genügt, die Reduktion der verschiedenen Beobachtungen für eine übersichtlichere graphische Darstellung auf den Zeitraum einer Periode auszuführen. Prof. Vogel fand weiter, daß eine bemerkenswerte Abweichung von einer Kreisbahn nicht vorhanden ist.

Was die Genauigkeit der Beobachtungen anbelangt, so ist dieselbe zwar gering, aber doch größer ausgefallen, als Prof. Vogel anfänglich erwartet hatte. Wenn man die Werte für die einzelnen Linien auf einer Platte mit dem Mittel vergleicht, so ergibt sich der wahrscheinliche Fehler der aus einer Linie auf einer Platte abgeleiteten Geschwindigkeitsbestimmung zu $\pm$ 9 *km*; dem Mittel aus den Messungen an einer Platte würde demnach der wahrscheinliche Fehler $\pm$ 5 *km* entsprechen.

Bei einer genauen Betrachtung der aus den 3 Linien auf einer Platte abgeleiteten Geschwindigkeiten fiel es Prof. Vogel jedoch auf, daß, mit Ausschluß derjenigen Platten, auf denen die Linien nur eine geringe Verschiebung zeigen, mit wenigen Ausnahmen die aus der Verschiebung der Linie Hγ abgeleiteten Geschwindigkeiten, absolut genommen, kleiner sind als das Mittel der aus den Messungen an den Linien des Cleveïtgasspektrums erhaltenen Werte.

Gibt man die Realität der Abweichungen zu, so gestattet, wie Prof. Vogel zeigt, diese einen weitern Einblick in das untersuchte Doppelsternsystem.

»Der Umstand«, sagt er, »daß eine periodische Verdoppelung der Linien nicht wahrnehmbar ist, könnte zu der Annahme führen, daß der eine Körper dieses Systems dunkel sei. Die große Mattigkeit der Linien des Cleveïtgasspektrums läßt jedoch darauf schließen, daß das Spektrum von einem zweiten überdeckt ist. Die breiten verwaschenen Wasserstofflinien passen ferner nicht zu dem typischen Spektrum der Klasse Ib und führen weiter zu der Annahme, daß das überdeckende Spektrum der Klasse Ia 2 angehören müsse. Die ganz zarten Metalllinien, welche neben den breiten verwaschenen Wasserstofflinien bei dieser Spektralklasse auftreten, verschwinden gänzlich durch die Überdeckung dieses Spektrums mit dem Spektrum Ib des sich stark bewegenden Körpers. Unter diesen Annahmen erklärt sich sehr leicht, weshalb die Messungen an der Hγ-Linie geringere

Geschwindigkeiten ergeben, als die an den Cleveïtlinien. Die schmalere und weniger verwaschene Linie des Spektrums Ib verbreitert und verstärkt bei absoluter Deckung der Spektra beider Sterne das Absorptionsmaximum der sehr breiten und verwaschenen Linie Hγ des Spektrums Ia 2. Bei einer Verschiebung beider Spektra gegeneinander bleibt die Linie des Spektrums Ib innerhalb der breiten Linie des andern Spektrums, die Intensitätskurven beider Linien setzen sich aber so aneinander, daß ein breiteres, unsymmetrisch zur Mitte des Gesamtbildes beider Linien liegendes Maximum entsteht. Die Messung der Hγ-Linie mit dem periodisch sich verschiebenden Spektrum Ib wird also beeinflußt durch die Hγ-Linie des Spektrums Ia 2, und zwar in der Weise, daß die Messungen der Verschiebung, absolut genommen, zu klein ausfallen. In welchem Maße dies geschieht, ist natürlich ganz von der relativen Intensität der Absorptionslinien beider Spektra und von der Güte des Spektrogramms abhängig. Trotz der Schwäche und der Breite dieser Absorptionslinien ist anzunehmen, daß 2 Maxima in der zusammengesetzten Hγ-Linie zu Zeiten der größten Verschiebungen erkennbar sein würden, wenn beide Komponenten des Doppelsternes stärkere Verschiebungen erleiden. Selbst bei einer geringen Bewegung des zweiten Sternes würde der Einfluß auf die Auffassung der zusammengesetzten Hγ-Linie ein ein stärkerer sein müssen, als er tatsächlich gewesen ist. Nach den Beobachtungen scheint demnach die Annahme zulässig, daß der Schwerpunkt beider Körper sehr nahe an dem Sterne mit dem Spektrum Ia 2 oder selbst noch innerhalb desselben gelegen ist."

Mit dem Werte für die größte Geschwindigkeit von 110 *km*, der Annahme, daß der Schwerpunkt des Systems innerhalb des einen Körpers, und die Bahnebene in der Gesichtslinie zur Erde liegt, und mit der Periode 4.39 Tage berechnet Prof. Vogel den Abstand beider Körper zu 6 640 000 *km*, und die Masse des Systems ergibt sich zu 0.6 der Sonnenmasse. Legt man der Rechnung als größte Geschwindigkeit 115 *km* anstatt 110 *km* zugrunde, so ergibt sich für den Abstand beider Körper 6 940 000 *km*, für die Masse des Systems 0.7 Sonnenmasse.

ε Aurirae. Über diesen Veränderlichen machte Prof. Vogel in der Preuß. Akademie der Wissenschaften Mitteilungen.[1]) Bei den vor einigen Jahren, sagt er, an Sternspektren angestellten Untersuchungen über die brechbarern Teile des Spektrums fiel es Dr. Eberhard auf, daß in dem an der Grenze zwischen der Spektralklasse I und II stehenden Spektrum des bekannten Variabeln ε Aurigae die Serie der Wasserstofflinien im Violett über die Linien H und K hinaus deutlicher hervortrat, als es bei den Sternen von ähnlichem Spektraltypus der Fall ist. Er vermutete, daß das Spektrum des Sternes als

---

[1]) Sitzber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1902. p. 1068.

eine Übereinanderlagerung zweier Spektra von verschiedenen Typen anzusehen sei.

Große Veränderungen im Spektrum von ε Aurigae, die allein bei der geringen Dispersion des von Dr. Eberhard benutzten Spektrographen (D) mit einem Prisma hätten erkannt werden können, zeigten zu verschiedenen Zeiten gemachte Aufnahmen des Spektrums nicht.

Von Prof. Hartmann sind mit dem großen Spektrographen (III) in Verbindung mit dem 80 *cm*-Refraktor Ende April und Anfang Mai 1900 3 Spektrogramme angefertigt worden, welche bei der Vergleichung untereinander in der Gegend der Linien mit den Wellenlängen λ 415 $\mu\mu$—λ 455 $\mu\mu$ nichts Auffälliges zeigten. Dr. Eberhard hat dann weiter mit dem vor 3 Jahren von Prof. Vogel für den photographischen Refraktor von 32.5 *cm* Öffnung konstruierten Spektrographen (IV) mit 3 Prismen das Spektrum von ε Aurigae am 9. November 1901 und am 18., 19. und 22. November 1902 aufgenommen. Schon eine oberflächliche Vergleichung der Spektra aus diesem Jahre mit dem vorjährigen Spektrum ließ erkennen, daß das Sternspektrum eine Veränderung erlitten hatte, und eine von Prof. Vogel daraufhin sogleich an den Spektrogrammen begonnene eingehende Untersuchung und Messung hat bisher ergeben, daß die Vermutungen Dr. Eberhards begründet waren, und tatsächlich das Spektrum von ε Aurigae durch Übereinanderlagerung zweier Spektra, und zwar eines Spektrums, ähnlich dem von α Cygni, und eines Spektrums, an der Grenze der I. und II. Spektralklasse (α Persei, γ Cygni) gelegen, gebildet ist.

Gegenwärtig ist das erstgenannte Spektrum, das intensivere, relativ zum andern nach Violett um einen Betrag verschoben, der einer Bewegung von 30—40 *km* in der Sekunde entspricht. Das Spektrum unterscheidet sich zur Zeit wesentlich dadurch von dem vorjährigen (1901), daß nur einige wenige Linien des Eisenspektrums darin zu erkennen sind. Die meisten sind wahrscheinlich infolge der Verschiebung der Spektra gegeneinander verschwunden, und es sind im wesentlichen nur die Linien eines Spektrums ähnlich dem von α Cygni zu erkennen, die meist doppelt erscheinen und dadurch charakterisiert sind, daß die nach Violett gelegene Komponente mit wenigen Ausnahmen die stärkere ist, und die Begrenzung der oft schwer zu trennenden Doppellinien nach Violett äußerst scharf erscheint. Bei den Linien des Wasserstoffs ist das besonders auffallend, wie eine von Prof. Hartmann am 22. November 1902 hergestellte, sehr gelungene Aufnahme mit dem nur mit einem Prisma versehenen Spektrographen (I) in Verbindung mit dem 80 *cm*-Refraktor zeigt.

Es unterliegt hiernach wohl keinem Zweifel, daß ε Aurigae ein spektroskopischer Doppelstern ist und wahrscheinlich ein solcher mit sehr langer Periode.

Die Vergleichungen und Ausmessungen der Spektra bieten erhebliche Schwierigkeiten, indem besonders in einigen Teilen des Spektrums durch die Ungleichartigkeit der beiden übereinander gelagerten Spektra Komplikationen entstehen. Prof. Vogel behält sich vor, später eingehender über die recht interessanten Details des Spektrums dieses Sternes, der andauernd auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam beobachtet werden wird, zu berichten.

α Coronae. Durch Aufnahme mit dem Spektrographen I des großen Refraktors des Potsdamer Observatoriums fand[1]) Prof. Hartmann, daß auch dieser Stern 1. Größe eine veränderliche Eigenbewegung besitzt. Die 13 Aufnahmen, welche zwischen 28. Mai 1902 und 23. Juni 1903 erhalten wurden, zeigen Werte für die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes, die zwischen —20 *km* und +38 *km* variieren (das Zeichen — bedeutet Annäherung, + Entfernung von der Erde). Die Periode dieser Veränderung ist 17 Tage. Das Spektrum gehört zur Vogelschen Klasse Ia 2.

β Arietis. Die Bewegungsänderungen gehen nach den Potsdamer Aufnahmen[2]) bis zu 50 *km*; es ist auch auf 2 Platten eine Verdopplung der Magnesiumlinie λ 4481 zu erkennen, die eine relative Geschwindigkeit der Komponenten von 70 *km*, bezw. 60 *km* ergibt. Weitere Untersuchungen sind in Potsdam in Aussicht genommen.

ω Ursae. Aufnahmen aus der Zeit vom 25. April bis 22. Juni 1903 machen eine relative Bewegung der Komponente von ca. 45 *km* in der Sekunde wahrscheinlich. Auch dieser Stern ist vermutlich ein spektroskopischer Doppelstern.

ε Ursae. Die Abweichung des von Adams gefundenen Wertes für die radiale Bewegung von dem 1889 zu Potsdam ermittelten, hat Prof. Vogel veranlaßt, die neuen im Frühjahre 1903 dort erhaltenen Aufnahmen des Sternes zu vermessen. Er fand im Mittel von 7 Spektrogrammen eine Bewegung von 9 *km*. Obgleich, sagt Prof. Vogel, die Ermittlungen der Verschiebung bei den Spektren der Klasse I früher nur auf der Messung des Abstandes der Mitte der meist breiten und verwaschenen Hγ-Linie von der künstlichen, das Sternspektrum durchsetzenden Hγ-Linie beruhten und daher keine große Genauigkeit besitzen konnten, so übersteigt doch ein Unterschied von über 20 *km* erfahrungsgemäß so erheblich das Maß der Unsicherheit, daß ich die Ansicht von Adams, daß *ε* Ursae majoris der variabeln Bewegung im Visionsradius verdächtig ist, teilen möchte.

β Scorpii ist von V. M. Slipher auf der Lowellsternwarte zu Flagstaff (Arizona) 1902 und 1903 in 12 Nächten spektrographisch aufgenommen worden.[3]) Diese Aufnahmen ergaben eine ungewöhnlich große Veränderlichkeit der radialen Bewegung dieses dem Oriontypus

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3890.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3898.
[3]) Lowell-Observatory Bulletin Nr. 1.

angehörigen Sternes. Sie variieren zwischen —109 und +140 *km*, und die Beobachtungen deuten auf eine äußerst kurze Periode; doch sind die Messungen offenbar mit Vorsicht aufzunehmen.

λ Scorpii ist auf der Lowellsternwarte von V. M. Slipher in der Zeit von 1903 Juni 3 bis April 24 spektrographisch beobachtet worden. Diese Aufnahmen ergaben Radialgeschwindigkeiten, welche zwischen —42 und +38 *km* variieren.[1])

Die Bahnverhältnisse des spektroskopischen Doppelsternes *η* Orionis. Dieser Stern 3.4 Größe, dessen Ort am Himmel (für 1900.5) ist: $\alpha = 5^h\ 19^m\ \delta = -2^0\ 29'$ besitzt, wie W. Herschel 1781 fand, einen Begleiter 10.5 Größe in etwa 110″ Abstand. Im Jahre 1848 entdeckte Dawes, daß der Hauptstern selbst wiederum doppelt ist und aus 2 Sternen 4. und 6. Größe besteht, die etwa 1″ voneinander entfernt sind. Im Dezember 1901 fand man auf der Yerkessternwarte, daß der hellere Stern (4. Größe) eine veränderliche Eigenbewegung in der Gesichtslinie zur Erde besitzt, indem er sich bald der Erde mit einer Geschwindigkeit bis zu 60 *km* nähert, bald mit ebensolcher Schnelligkeit entfernt. Nach den bisherigen Erfahrungen war daraus zu schließen, daß dieser Stern mit einem andern, unsichtbaren, eine Bahn mit wenigen Tagen Umlaufsdauer um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreibt, und der Beobachter Walter S. Adams begann eine Reihe regelmäßiger photographischer Spektralaufnahmen des Sternes, um die Bahn desselben genauer zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser Arbeit liegen nun vor.[2])

Der Stern gehört zur Klasse derjenigen Doppelsterne, bei welchen die eine Komponente dunkel ist, denn keine der Aufnahmen zeigt eine Spur davon, daß etwa 2 Spektra übereinander gelagert seien. Das Spektrum gehört dem Typus der Orionsterne an, aber es enthält außer den regelmäßig vorkommenden Linien des Heliums und des Wasserstoffs 3 Linien des Siliziums und eine Anzahl von Linien des Sauerstoffs und Stickstoffs, welche sich von großem Werte für die Geschwindigkeitsbestimmung des Sternes erwiesen. Zu gewissen Zeiten ist die Änderung dieser Geschwindigkeit so rasch, daß sie sich um mehrere Kilometer während der Dauer der photographischen Aufnahme ändert, wodurch das Aussehen der Linien auf den Platten merklich beeinflußt wird.

Bei Untersuchung der Aufnahmen wurden in den meisten Fällen die Positionsverschiebungen von 8—10 Linien gemessen, und die einzelnen Werte stimmen im ganzen vorzüglich miteinander überein. Die größten Geschwindigkeiten des Sternes waren + 179.0 *km* in der Sekunde am 9. Januar 1902 und —106.5 *km* am 3. April, wobei das Zeichen + bedeutet, daß sich der Stern entfernt, — daß er sich

[1]) a. a. O., Nr. 4.

[2]) Astrophys. Journal 1903. 17. p. 68.

nähert. Im ganzen wurden 28 Aufnahmen aus der Zeit vom 27. November 1901 bis zum 19. November 1902 zur Bahnberechnung benutzt. Das Ergebnis derselben ist folgendes:

Dauer des Umlaufes um den gemeinsamen Schwerpunkt (P) = 7.9896 Tage. Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes des Systems (V) = 35.5 *km* pro Sekunde. Durchgang durch das Periastrum (T) = 1901 Dezember 1.821. Exzentrizität der Bahn (e) = 0.016. Positionswinkel des Periastrums (ω) = 42°16′. Halbe große Achse der Bahn (a sin i) = 15 901 000 *km*.

Die Helligkeitsverteilung in der Milchstraße verglichen mit der Verteilung der in der nördlichen Milchstraße stehenden Sterne der Bonner Durchmusterung ist von C. Easton studiert worden.[1]) Von dieser wichtigen, durch zahlreiche Tabellen und statistische Zusammenstellungen ausgeführten Arbeit gibt A. Berberich eine kritische Darstellung,[2]) der das Nachfolgende entnommen ist.

Um den Glanz der einzelnen Teile des Milchstraßengürtels durch Zahlen auszudrücken, wählte Easton 6 Helligkeitsstufen, von ganz schwachem Lichte bis zu hellstem Glanze. Auf der von ihm selbst gezeichneten Karte der Milchstraße wurden Linien gleicher Helligkeit eingetragen, so daß für jede Stelle der Helligkeitsgrad angegeben werden kann. Dann wählte er auf einer von Prof. M. Wolf ihm zur Verfügung gestellten Aufnahme der Gegend um γ Cygni 2 Stellen aus, eine vom höchsten Glanze (Stufe *f*) und eine von ziemlich geringer Helligkeit (Stufe *b*), zählte daselbst die Sterne in halben Größenklassen ab und berechnete deren Gesamtlicht. Das Licht der schwächsten Sterne (13.6—14 Gr.) wurde als Einheit angenommen und jede halbe Größe als 1.6 mal heller gerechnet. So fanden sich folgende Zahlenwerte der 6 Helligkeitsstufen in der Milchstraße: 1, 1.37, 1.88, 2.58, 3.53, 4.85, also das Verhältnis einer Stufe zur nächsten wie 1:1,37. Man könnte diese Helligkeiten auch ohne weiteres und vielleicht noch übersichtlicher in Sterngrößen ausdrücken und fände dann jene 6 Grade gleichwertig mit Sternen von ungefähr 5.4, 5.1, 4,7, 4.4, 4.0, 3.6 Größe.

Nun handelte es sich darum, die Verteilung der in der Bonner Durchmusterung enthaltenen Sterne der Milchstraßenzone zu bestimmen und mit der Verteilung des Glanzes längs dieser Zone zu vergleichen. Easton stützte sich bei dieser Arbeit auf die Karten Stratonoffs, faßte aber die Sterne nach ihren Größen in bloß 4, statt 8 Gruppen zusammen (0—6.5, 6.6—8.0, 8.1—9.0 und unter 9.0 Größe), um die Unsicherheit der Abgrenzung und rein lokale Unregelmäßigkeiten zu eliminieren. Die Milchstraßenzone zwischen 18° südlicher

[1]) Verhandelingen d. Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam. Sekt. I. 8. Nr. 3.

[2]) Naturwiss. Rundschau 1903. Nr. 16.

und 18° nördlicher Breite von der Mittellinie aus wurde in Vierecke von je 15° Länge und 4° Breite geteilt. Für jedes Viereck wurde die Dichte der Sterne jeder einzelnen Größengruppe aus Stratonoffs Tabellen und Karten berechnet und der Zahlenwert des Helligkeitsgrades der Milchstraße aus der eigenen Karte entnommen.

Es ergab sich nun deutlich, daß die Dichte oder das Zusammendrängen der Sterne um so weniger dem eigentlichen Milchstraßenglanze parallel geht, je heller die Sterne sind. So erscheint es fast als eine Regel, daß die Sterne der I. Größengruppe in Gegenden von mäßigem Glanze der Milchstraße vorwiegen, wie sie überhaupt viel gleichförmiger verteilt sind als die übrigen Sterne, namentlich die der IV. Gruppe. Dieser Gegensatz ist leicht begreiflich, denn wenn auch die Dimensionen und Strahlungsintensitäten der Fixsterne noch so verschieden sind, so werden im Durchschnitte die hellern Sterne doch näher sein als die schwächern und infolge der Perspektive weiter auseinander treten als diese. Eine bedeutsame Ausnahme jener Regel wird von Easton jedoch besprochen, nämlich die starke Verdichtung von Sternen aller Größenordnungen, verbunden mit hohem Milchstraßenglanze in der Gegend von α Cygni. Jene Regel spricht sich auch in der Tatsache aus, daß die Stellen größten Glanzes im Durchschnitte nur 4° von der Mittellinie der Milchstraße abstehen, während der Abstand regelmäßig wächst bei abnehmendem Glanze. Das Verhalten der Sterne im Vergleiche mit dem Milchstraßenlichte stellt Easton in verschiedenen Tabellen dar, von denen folgende die anschaulichste sein dürfte. Er bildet 6 Abteilungen zu je 14 Vierecken, ordnet die Abteilungen nach dem Glanze M der Milchstraße und fügt die durchschnittlichen Sterndichten der 4 Größengruppen bei:

Abt.	M	IV.	III.	II.	I.
A	1.77	1.24	1.22	1.21	1.20
B	1.36	1.20	1.18	1.09	1.03
C	1.15	1.05	1.01	0.96	1.09
D	0.92	1.03	1.02	1.00	1.10
E	0.73	0.89	0.91	0.97	0.94
F	0.40	0.62	0.66	0.71	0.89

Das Verhältnis der ersten zur letzten Abteilung ist für den Milchstraßenglanz 4.4 zu 1, während für die 4 Größengruppen der Sterne das Verhältnis von 2.0 bis auf 1.35 sinkt, sich also von dem des Glanzes um so mehr entfernt, je heller die Sterne sind.

Aus den gefundenen Regelmäßigkeiten folgert Easton zuerst, daß die einzelnen Verdichtungen, die man im Verlaufe der Milchstraße bemerkt, nicht ganz ohne Zusammenhang miteinander sein können. Eine verhältnismäßig sehr weit entfernte Sternwolke würde nur schwache Sterne zu den sonstigen Sternen hinzufügen, bei gleichem Abstande aller Wolken wäre auch eine, in Wirklichkeit nicht vorhandene, völlige Gleichförmigkeit der Sternverteilung zu erwarten. Für die Ungleichheit des Abstandes verschiedener Teile der Milchstraße, die scheinbar beieinander liegen, lassen sich Beispiele an-

führen. So erfahren die Sterne der hellsten Gruppen in der Hauptverdichtung im Cygnus eine starke Zusammendrängung, an der sekundären Verdichtung, die in den Sternbildern Auriga und Monoceros liegt, nehmen sie dagegen nicht teil, sind vielmehr hier recht spärlich. Andererseits treten gerade die hellen Sterne in der Perseusgegend ungewöhnlich häufig auf, wo die schwachen Sterne in verhältnismäßig geringerer Zahl zu finden sind. Es liegt kein Grund vor, den Sternen dieser verschiedenen Regionen ungleiche wahre Größen oder abweichende physische Beschaffenheit zuzuschreiben; der Unterschied in der Häufigkeit der Größengruppen an solchen Stellen läßt sich jedenfalls am einfachsten mit der Verschiedenheit der Entfernung jener Verdichtungen erklären. So bemerkt man gerade auch bei der schon erwähnten großen Verdichtung im Cygnus einen auffallenden Gegensatz, indem die hellen Sterne mehr im Norden, die schwächern nach Süden hin vorwiegen. An eine tatsächliche Scheidung der großen und kleinen Sterne im Raume, und zwar auf einer so beschränkten Fläche von der halben Breite der Milchstraßenzone, wird man kaum glauben wollen. Die Regelmäßigkeit, mit der das Vorwiegen der hellen Sterne allmählich dem Vorwiegen der schwächern Platz macht, wenn man von Cygnus weiter nach Cepheus, Cassiopeia, Aquila bis Scutum geht, spricht dafür, daß die Änderung der Helligkeit von einer Zunahme der Entfernung herrührt. Als das am besten begründete Ergebnis seiner Untersuchung betrachtet Easton die Folgerung, daß von den 2 Ästen der Milchstraße, die von Deneb (α Cygni) gegen Albireo (β Cygni) und gegen γ Aquilae ziehen, der letztere viel weiter von uns entfernt ist als der erstere, wennschon der Glanz beider Äste durchaus nicht sehr verschieden ist. Einzelne der Sterngruppen, die man in diesen Ästen bemerkt, mögen allerdings nur perspektivisch zu ihnen gehören, während sie räumlich weit vor ihnen stehen. So braucht man auch nicht anzunehmen, daß die Lichtbrücken, die vom einen zum andern Aste laufen, wirkliche physische Verbindungen darstellen; sie dürften kürzere Zweige des einen Astes sein, deren Endteile nur scheinbar im andern Aste liegen.

Nebelflecke.

Photographische Aufnahmen kosmischer Nebelflecke.

Dr. Isac Roberts veröffentlicht einige Ergebnisse seiner neuen photographischen Aufnahmen von Nebeln.[1])

NGK. Nr. 7822 in der Cassiopeia. Es ist der Nebel h 2302 von John Herschel und wird von diesem als äußerst schwach, rundlich und 10′ im Durchmesser haltend beschrieben. Die photographischen Aufnahmen geschahen mit dem 20-zolligen Reflektor und 90^m Exponierung am 9. Oktober 1901, am 25. Oktober und 2. Dezember

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 301.

1902. Sie zeigen das Objekt als eine feine Nebelwolke von unregelmäßiger Struktur und Helligkeit mit mehrern hellen Sternen. Diese Nebelwolke hat 42′ Ausdehnung von O nach W und 38′ von N nach S, auch sind Spuren von noch weiter reichendem Nebel vorhanden, der bei längerer Exponierung der Platte wahrscheinlich sichtbar würde.

Die Gegend um den Nebel N. G. K. Nr. 1665 im Eridanus zeigt mehrere Nebel, darunter als hervorragendsten den Nebel W. Herschel II 457, der sich auf der Photographie als schräg liegende rechts gedrehte Spirale mit sternförmigem Kerne darstellt.

Der Nebel N. G. K. Nr. 1659 im Eridanus erscheint ebenfalls als Spiralnebel mit hellem, sternförmigem Kerne.

N. G. K. 1643 wird von Herschel als äußerst schwach und sehr klein bezeichnet sowie unregelmäßig rund; die Photographie zeigt ihn hell und ziemlich groß.

N. G. K. 1656, den Herschel als äußerst schwach bezeichnet, zeigt einen großen, sternigen Kern mit feinen nebeligen Ausläufern an der nördlichen und südlichen Seite.

N. G. K. 1645 wird von d'Arrest als sehr lichtschwach beschrieben; die Photographie zeigt einen mäßig hellen Stern von einer Nebelhülle umgeben.

N. G. K. 1667, von Stephan entdeckt, ist wahrscheinlich ein Spiralnebel mit unregelmäßigem Kerne.

N. G. K. 1681, ebenfalls von Stephan entdeckt, zeigt einen hellen sternigen Kern mit Nebelhülle.

N. G. K. 7492 im Wassermann, von W. Herschel als lichtschwacher Nebel bezeichnet, ist ein Haufen überaus feiner Sterne.

Außer diesen zeigen die Platten von Dr. Roberts noch eine große Zahl feiner Sterne mit unregelmäßigen, verschwommenen Rändern, die von andern Astronomen wohl als feine Nebel bezeichnet würden, doch hält Roberts dies nicht für zulässig, da die erwähnten Unregelmäßigkeiten der Ränder durch Störungen in der Erdatmosphäre oder instrumentale Einflüsse entstanden sein können.

Eine Eigentümlichkeit der großen Nebelflecke. Prof. Dr. Max Wolf (Heidelberg) macht hierüber folgende Mitteilungen:[1]

»Die ausgedehnten Nebelmassen des Himmels bilden für die Aufnahme mit den kurzbrennweitigen Porträtlinsen naturgemäß die lohnendsten Objekte. Nur mit Hilfe dieser Instrumente lassen sie sich auffinden, in ihrer Ausdehnung erkennen und in ihrem Zusammenhange mit den Sternen der umgebenden Himmelsräume studieren. Daher habe ich auch, soviel es die andern Arbeiten und das geizige Wetter gestatteten, lange dauernde Aufnahmen solcher mit Nebel erfüllter Gegenden gemacht. Dabei bin ich auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam geworden, daß diese Nebel stets zugleich

[1]) Astron. Nachr., Nr. 3848.

mit solchen Stellen vorkommen, wo die Sternzahl plötzlich geringer wird, und fast gar keine schwachen Sterne vorhanden sind; stets finden sich solche Nebel oder wenigstens ihre wahrnehmbaren Teile zusammen mit ausgedehnten Sternleeren.

Zwei hervorragende Beispiele, den großen Orionnebel und den Amerikanebel, hat Herr A. Kopff auf meine Veranlassung hin zahlenmäßig untersucht.[1]) Herr Kopff hat durch Aufzählen der Sterne der Umgebung der genannten Nebel gezeigt, daß eine systematische Beziehung zwischen Nebel und Sternwüste auch zahlenmäßig nachweisbar ist, und er hat graphische Darstellungen der Sterndichte um die beiden Nebel gegeben. Die Nebel sind von Sternleeren umschlossen, die sich besonders nach einer Seite hin weithin ausdehnen, und in denen die schwächern Sterne fast vollständig fehlen, während die wenigen vorhandenen Sterne den hellern Größenklassen angehören. In den Nebelmassen selbst ist die Sternzahl so groß als sonstwo. Die Sternleeren folgen dabei so genau den Nebelrändern, daß man aus der graphischen Darstellung der Sternzahlen die Umrisse der Nebel zeichnen kann, ohne die Nebel zu sehen. Herr Kopff hat gleichzeitig gefunden, daß schon W. Herschel auf die sternarmen Gegenden in Verbindung mit den Nebelflecken hingewiesen hat.

Bis jetzt sind uns folgende Beispiele dieser Gesetzmäßigkeit näher bekannt. In Verbindung mit dem großen Orionnebel stehen die ζ Orionnebel und der Nebel NGC 2064 — 2068 und bieten dieselbe Gesetzmäßigkeit. Der Nebel Messier 8 und die von mir gefundene mehr als 10 Quadratgrad große Nebelmasse im Süden desselben ($\alpha = 18.0^h$ $\delta = -26.4^0$)[2]) gehören ebenfalls hierher, ferner der Trifidnebel (Messier 20), die ausgedehnten Nebel bei γ Scuti, bei ϱ Ophiuchi und nördlich von Antares; die Nebel bei υ Scorpii, bei ϑ Ophiuchi, bei η Carinae und, schwächer ausgesprochen, bei den Plejaden.

Vollständig verschieden hiervon sind die Verhältnisse bei andern Nebeln, deren Hauptrepräsentant der große Andromedanebel ist. Hierher gehören die vielen Spiralnebel, wie z. B. Messier 33, GC. 3249 usw., dann aber auch wohl Herrschel V 14 Cygni und anderseits die zahllosen kleinen Nebelflecken. Bei allen Nebeln dieser Gattung scheinen die Sternleeren völlig zu fehlen. Es ergibt sich mithin aus der beschriebenen Eigenschaft eine Systematik für die Einteilung der Nebel.

In diesem Winter habe ich wieder zwei hervorragende Beispiele für die Erscheinung photographiert, die mich veranlassen, hier eine kurze Mitteilung zu machen.

Das eine Beispiel ist ein großer Nebel, der zwei hellere Nebelflecken verbindet, und der sein Zentrum etwa in $\alpha = 6^h\ 28^m$

---

[1]) Publ. d. Astrophys. Obs. Königstuhl-Heidelberg, 1. p. 177.

[2]) Alle Koordinaten gelten für 1855.0.

$\delta = + 10^0$ in Monoceros liegen hat. Die beiden Hauptverdichtungsstellen liegen in

$\alpha = 6^h\ 32^m \quad \delta = +\ 9.8^0$
und $\quad 6 \quad 23 \quad\quad +\ 10.0.$

Die erste ist in Dreyers Katalog als Sternhaufen 15 Monocerotis, Herschel V 27 = NGC. 2264 bezeichnet und schon oben als Beispiel erwähnt, während die zweite, die ebenso hell und groß ist, von P. Götz hier in diesem Winter am 6-zolligen Voigtländer zum ersten Male bemerkt zu sein scheint. Die Nebel NGC. 2245, 2248 und 2261 bilden kleine Verdichtungsstellen bei hellern Sternen, von denen aus sich die Nebelmaterie in der gewöhnlichen fächerartigen Form in die allgemeine schwächere Nebelmasse verliert.

Der ganze Nebel liegt am südöstlichen Ende einer ausgedehnten unregelmäßig geformten Sternleere, die ihren Mittelpunkt etwa in dem veränderlichen Sterne BD. $+ 11.1204^0$ ($\alpha = 6^h\ 23.1^m\ \delta = + 11^0\ 21'$) besitzt.

Das andere Beispiel ist der von Barnard zuerst gesehene, von Archenhold zuerst photographierte und von Scheiner beschriebene ausgedehnte Nebel bei ξ Persei NGC. 1499 ($\alpha = 3^h\ 51^m\ \delta = + 35.8^0$). Dieser wundervolle Nebel liegt am südöstlichen Ende einer großen Sternwüste, die ihren Mittelpunkt etwa in $\alpha = 3^h\ 44^m\ \delta = + 37.2^0$ liegen hat. Sie ist von Südost nach Nordost lang gestreckt und von unregelmäßigen Umrissen begrenzt. Eine zweite ähnliche Sternleere ist von dieser durch ein sternreiches Band getrennt und liegt mehr östlich. Der Nebel bildet das südöstliche Ende seiner Sternleere, und sie folgt aufs genaueste seinen Konturen.

Alle die erwähnten Beispiele haben nun eine auffallende Eigenschaft gemeinsam, die mir schon vor Jahren aufgefallen ist, und die ich an anderem Orte[1]) berührt habe. Ich möchte hier ausdrücklich und in besserer Form darauf aufmerksam machen.

Wie schon aus obigen Beschreibungen zu ersehen, liegen diese Nebelmassen weder in der Mitte der mit ihnen verknüpften großen Sternleeren, noch rings um dieselben, sondern stets am einen Rande derselben. Sie bilden das Ende der langgestreckten Sternleeren. Um jeden Nebel befindet sich zwar ringsherum, seinen Rändern genau folgend eine schmale Zone ohne Sterne; aber die großen Höhlen finden sich immer nur auf einer Seite. Die Nebel selbst stehen dabei gewöhnlich in den dichtesten Sterngebieten, während ihr einer Rand genau mit dem Ende der Sternhöhle zusammenfällt. Es läßt sich deshalb diese merkwürdige Regel so formulieren, daß die Nebel unsers Milchstraßensystems im allgemeinen den einseitigen Rand einer ausgedehnten Sternleere bilden.

Man kann deshalb schwer eine andre Möglichkeit zulassen, als daß uns diese Nebel eine sichtbare Äußerung bei jenem Prozesse

[1]) Akademische Rede 1898. p. 54.

darstellen, durch den die Sternleeren entstehen, und daß sie uns durch ihre Lage gegen die Höhlen die Bewegungsrichtung angeben, in welcher der Prozeß unter den Sternen fortgeschritten ist.

So scheint der Amerikanebel nach Nordosten fortgeschritten zu sein; die Orionnebel nach Nordwesten, die Monocerosnebel nach Südosten oder Süden und der ξ Perseinebel nach Südosten.«

Untersuchungen über die Gruppierung der Nebelflecke. Prof. M. Wolf hat einige wichtige Ergebnisse seiner photographischen Nebelaufnahmen veröffentlicht.[1] Zunächst sind es seine Untersuchungen über die Nebelflecke am (nördlichen) Pole der Milchstraße, auf welche hier einzugehen ist. Bei der Verwendung von Objektiven mit großem Öffnungsverhältnis für die Aufnahme der ausgedehnten Nebel und der kleinen Planeten zeigte sich auf den Platten zu Prof. Wolfs Überraschung, wie ungemein zahlreich allenthalben am Himmel die kleinen Nebelflecken zu finden waren. Besonders ein 6-zolliges Porträtobjektiv, das ein Öffnungsverhältnis von 1 : 5 besaß, gab manche Gegenden des Himmels ganz besät mit solchen kleinsten Nebelfleckchen. Auf einer Platte vom 24. März 1892 mit 96 Minuten Belichtung fanden sich in einem Kreise, mit dem Radius von 1° um η Virginis als Mittelpunkt, nicht weniger als 130 einzelne Nebelfleckchen. Ähnliche Zahlen, wenn auch selbstverständlich nur selten so ungeheuer groß, ergaben sich an andern Stellen des Himmels und es war damit gezeigt, daß die Dubletlinsen uns den Himmel mit einer ungeheuer viel größern Zahl kleinster Nebelfleckchen erfüllt erscheinen lassen, als seither bekannt war. Gleichzeitig wurde aus den ersten Versuchen klar, daß sich diese kleinen Nebel, von denen das Auge am Fernrohre im günstigsten Falle nur vorübergehend erhaschbare Eindrücke erhält, auf der Platte mit großer Sicherheit einstellen und beschreiben ließen. Diese Erfahrungen brachten Prof. Wolf zu dem Entschlusse, den »kleinen Nebelflecken« des Himmels, ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Er begann sofort mit Aufnahmen von jenen Gegenden des Himmels, wo bekanntermaßen die kleinen Nebel am reichsten und schönsten vertreten sind. Im Laufe der nächsten Jahre wurden die Gegenden von Virgo, Leo und Coma Berenices zum größten Teile mehr als dreimal mit Platten bedeckt. Es handelte sich dann darum, die Positionen dieser ungezählten neuen Objekte zu bestimmen, und auch diese Arbeit wurde begonnen und Erfahrungen auf diesem Gebiete gemacht.

Mittlerweile wurde es Prof. Wolf durch die Hochherzigkeit der unvergeßlichen Miss Kath. Wolfe-Bruce in New-York ermöglicht, ein neues bedeutend größeres Fernrohr zu benutzen. Die Aufnahmen mit den 6-Zollern mit der kurzen Brennweite von ca. 80 *cm* gaben natürlich alle Nebel ebenso kräftig, als sie jedes größere Instrument

[1]) Publik. des Astrophys. Observ. Königstuhl-Heidelberg. 1.

geben konnte; allein es war oft recht schwierig, zu entscheiden, wenigstens bei den kleinsten Nebelflecken, ob man es mit schwachen Sternchen oder mit kleinsten planetarischen Nebeln zu tun hatte, Mit dem Bruceteleskop, dessen beide Objektive 202 *cm* Brennweite haben (beim selben Öffnungsverhältnis wie die beiden 6-Zoller), sind infolge dieser längern Brennweiten viel kleinere planetarische Nebel noch als solche zu erkennen und von Fixsternen zu unterscheiden. Da bei dem Bruceteleskop auch zwei gleiche Linsen vorhanden sind, so können stets 2 Aufnahmen gleichzeitig gemacht werden, was die Unterscheidung der Objekte von Plattenunreinlichkeiten wesentlich erleichtert.

Prof. Wolf hat zunächst ein Verzeichnis von 154 Nebelflecken in den Sternbildern Krebs und Luchs, in welchem er die Örter und kurze Beschreibungen der Formen gibt, veröffentlicht. Von diesen Nebeln sind nur sieben früher in seinem Generalkataloge der Nebel aufgeführt worden, die übrigen also neu entdeckt. In weitern Verzeichnissen werden jetzt die Positionen und Beschreibungen von 1528 Nebeln gegeben, die sich alle auf einer Platte finden, welche Prof. Wolf mit dem Bruceteleskop (Objektiv a) am 20. April 1901 mit 150 Minuten Belichtung erhielt. Die gleichzeitig mit dem Objektiv b aufgenommene Platte wurde nur zur Kontrolle benutzt, ebenso zwei andere am 24. März aufgenommene Platten derselben Gegend. Das Objektiv a von Brashear in Allegheny hat ca. 202 *cm* Äquivalentbrennweite bei ca. 40 *cm* freier Öffnung. Einem Grade entspricht auf der Platte eine Länge von ca. 35 *mm*. »Der schwierigste Teil der Arbeit,« sagt Prof. Wolf, »war die Bezeichnung und Kritisierung der Nebelobjekte auf der Platte. Dieselbe wurde mit der Vergleichsplatte unter der Lupe verglichen und die sicher konstatierten Nebelflecken durch kleine Tintenmarken auf der Glasseite bezeichnet. Dies geschah zuerst auf einer Platte vom 24. März und dann erst auf der für die Messung benutzten Platte. Diese Arbeit war äußerst mühevoll und zeitraubend, besonders in den Gegenden, wo die Nebel so dicht stehen, daß man keinen Raum findet, die Marken anzubringen, und wo es kaum möglich ist, die Vergleichung streng auszuführen. Jetzt ist diese Arbeit sehr erleichtert, da man den Stereokomparator dafür benutzen kann, aber bei der Bearbeitung der in Frage kommenden Platte war derselbe noch nicht gebaut.«

Die Platte umfaßt einen Teil des Himmels im Sternbilde Coma Berenices, der zwischen den Rektaszensionen $12^h\ 34^m$ und $13^h\ 2^m$ und den nördlichen Deklinationen 60 und 64.5° liegt. Nicht weit von der Mitte dieser Fläche liegt der gewöhnlichen Annahme gemäß der nördliche Pol der Milchstraße. In bezug auf die Helligkeitsbezeichnung der Nebel unterscheidet Prof. Wolf 12 Stufen, wobei 1 die allerschwächsten, 12 die hellsten Nebel bezeichnet. Bekanntlich hat man schon vielfach versucht, die Nebel ihrem Aussehen nach in Klassen einzuteilen. Prof. Wolf hat versucht, eine solche Klassi-

fizierung durchzuführen, um eine rasche Übersicht über die Art der Objekte zu ermöglichen und vielleicht daraus statistische Schlüsse ziehen zu können. Er teilt die Nebel in 3 Klassen ein: in regelmäßig geformte Nebel, in unregelmäßig geformte und in diffuse, ausgedehnte Nebel ohne Struktur. Darin hat er noch Unterabteilungen unterschieden, so daß folgende Bezeichnungen zustande gekommen sind:

I. Regelmäßig geformte Nebel.

I_1: rund mit zentraler Verdichtung,
I_2: rund, Verdichtung, gewundene oder spiralförmige Schwingen von der Verdichtung ausgehend,
I_3: andromedanebelartige und ovale Nebel mit zentraler Verdichtung,
I_4: planetarische und runde, kleine, diffuse Nebel ohne Kern,
I_5: längliche und ovale Nebel ohne Kern.

II. Unregelmäßig geformte Nebel.

II_1: unregelmäßige Form mit einem bevorzugten Kern,
II_2: alle übrigen unregelmäßig geformten Nebel.

III. Strukturlose Nebel.

III: alle diffus ausgedehnten Nebel ohne erkennbare Struktur.

»Trotz der Benutzung dieser Systematik«, sagt Pr. Wolf, »verhehle ich mir nicht, daß sie auf ganz schwachen Füßen steht, denn die Übergänge finden am Himmel allmählich statt, so daß eigentlich jeder Nebel eine Klasse für sich erfordern würde. Sehr oft sind die Nebel kaum mit Sicherheit einzuordnen.«

Zu den von Herschel behufs Charakterisierung der einzelnen Formen eingeführten Zeichen und kurzen Bezeichnungen hat Prof. Wolf noch neue hinzugefügt, von denen mehrere erst durch die Photographien der Nebel nötig wurden. Unter einem Arme ist ein vom Zentrum ausgehender, im wesentlichen geradliniger, nebeliger Strahl zu verstehen; er ist nicht zu verwechseln mit der Zone, die nicht in radialer Richtung verläuft.

Als Nebel von der Form des Andromedanebels sind alle solche Nebel bezeichnet worden, welche die Struktur des großen Nebelflecks in der Andromeda zeigen, wie sie aus den Photographien allgemein bekannt ist. Solche Nebel sind sehr häufig, und die Lage ihrer Achsen befolgt eine interessante Gesetzmäßigkeit, wie man weiter unten sehen wird. Mit Schwinge bezeichnet Prof. Wolf kurvenförmig gebogene, nebelige Arme meist spiraliger Form, die stets vom Verdichtungszentrum ausgehen. Unter Zone versteht er eine nicht radial verlaufende, bandförmige, geradlinige Verdichtung in einem Nebel, die gewöhnlich von einer Zone geringerer Intensität oder durch ein ganz nebelfreies Band begrenzt wird.

Der Begriff Kette ist nach Prof. Wolfs Meinung der wichtigste und interessanteste. »Eine sehr große Anzahl nebeliger Objekte und Sterne besitzt Ketten. Sie gehen immer vom Zentrum des Sternes oder des Nebels aus und verbinden oft weithin, stets kurvenförmig verlaufend, ganz entfernte nebelige Objekte miteinander oder helle Sterne mit nebeligen Objekten. Sie sind meist sehr dünn, sehen oft

aus wie helle Schlieren, dann wieder wie Fäden in der Gelatine. Oft bestehen sie aus vielen kleinsten Knötchen, die wie auf eine Schnur gereihte Perlen aussehen.«

»Einen ganz überraschenden Anblick gewähren sie unter dem Stereokomparator, durch den auch bereits in einigen Fällen erwiesen werden konnte, daß solche merkwürdigen Objekte von Platte zu Platte ungeändert bestehen bleiben und ganze Gegenden des Himmels wie mit einem Netzwerke überspinnen.«

Auf der von dem Kataloge bestrichenen Fläche des Himmels finden sich 82 Nebelflecke, welche der neue Generalkatalog der Nebel und Sternhaufen enthält. Von diesen aber sind nach Prof. Wolfs Untersuchung drei nicht zu finden, und sieben sind unsicher. An Stelle der vorhandenen 79 Nebel des N. G.-K. gibt Wolfs Katalog 1528 Positionen. Das Verhältnis der Zahl der bekannten zur Zahl der neuen Nebelflecken ist daher 1 : 19, d. h. auf einen alten Nebelfleck kommen 19 neue Nebel. Mit andern Worten, es waren $5^0/_0$ der Nebel in dieser allerdings sehr eifrig von d'Arrest und Bigourdan durchsuchten Gegend bereits bekannt. »Das Verhältnis«, sagt Wolf, »stellt sich also hier etwas anders wie zwischen Praesepe und Milchstraße, wo nur $2^0/_0$ der photographischen Nebel bekannt waren. Immerhin ist die Anzahl der Nebel und die »Nebeldichte« in der behandelten Gegend eine ungeheuer große. Besonders in den dichtesten Gegenden ist der Anblick ein ganz eigenartiger und überwältigender, um so mehr als dort diese kleinen Nebel keineswegs abnorm kleine und schwache, sondern im Gegenteile meist recht kräftige und auffallende Objekte sind.

Erst nachdem Prof. Wolf dieses interessante Nebelnest gefunden hatte, erinnerte er sich, daß dasselbe sich dicht beim Pole der Milchstraße befindet, und es trat daher die Frage hervor, ob nicht hier im kleinen nochmals eine systematische Zunahme der Nebelhäufigkeit gegen ein Zentrum hin nachweisbar sei, und ob nicht vielleicht der Pol der Milchstraße sich selbst durch Anhäufung von Nebelobjekten unmittelbar kennzeichne. Deshalb hat Prof. Wolf die Verteilung der Nebel über diese Himmelsfläche genauer untersucht. Er gibt eine Karte derselben, in welcher die Nebelhäufigkeit durch Schraffierungen angedeutet ist. Wo die Zahl der Nebelflecke auf einer Fläche von 1^m in Rektaszension und 15′ in Deklination 0—5 beträgt, ist die Fläche nicht schraffiert, wo sie 6—10 beträgt, ist sie einmal schraffiert, wo 11—20 zweimal, 21—40 dreimal und über 60 viermal schraffiert. Aus der Karte erhellt nun auf den ersten Blick, daß eine systematische Verteilung der Nebel in dieser Gegend besteht. Auch die scheinbar leeren Stellen sind noch sehr dicht mit Nebelflecken bestanden. Diejenigen Stellen, welche mehr als 5 Nebelflecken in der Flächeneinheit enthalten, sind, wie sich zeigte, in ziemlich unregelmäßiger Form über die Fläche zerstreut. Die hauptsächlichste Nebelanhäufung hat ihr Zentrum in AR = $12^h\ 54.0^m$

NPD = 61.7°; eine zweite, aber viel schwächere, bildet eine von Süden nach Norden lange Insel, deren Mittelpunkt etwa in 12 h 40.5m und 62.5° liegt. Kleinere und unbedeutendere Inselchen liegen alle rings um den Pol der Milchstraße, dessen Lage auf der Karte durch einen Ring angedeutet ist. »Selbstverständlich«, sagt Prof. Wolf, »läßt sich von einem so komplizierten Gebilde, wie es die Milchstraße ist, kein genauer Pol angeben. Nehmen wir für denselben den Ort von Houzeau: AR = 12^h 49^m NPD = 62.5°, so schließen obige Gruppen einen Gürtel um diesen Pol herum. Die Hauptnebelgegend liegt aber $1^1/_2$° nordöstlich von diesem Milchstraßenpole und zwar etwa an der Stelle AR = 12^h 53.5^m NPD = 61° 20'. Um diesen Punkt, der also praktisch mit dem gegenwärtig für den Milchstraßenpol angenommenen Orte zusammenfällt, drängen sich nun die Nebelflecken gesetzmäßig zusammen.

Wir reden hier nur von Nebelflecken, weil sie auf den Platten so aussehen. Es können aber sehr gut auch Sternhaufen sein, die wir nicht aufzulösen vermögen. In vielen Fällen spricht sogar das Aussehen sehr für diese Annahme.

Es ist sofort zu sehen, wenn man die Tafel betrachtet, daß das Zusammendrängen der Nebel immer stärker wird, je weiter man ins Innere der Hauptinsel eindringt. Je näher man dem Punkte größter Dichtigkeit kommt, umso dichter treten auch die Nebel aneinander, so daß auf dem innersten Quadratgrade mehr als 320 einzelne Nebelflecken beisammen stehen! An der dichtesten Stelle dieses »Weltpoles« finden sich mehr als 70 Nebel auf der Fläche von $^1/_{16}$ Quadratgrad.

Wir finden also hier ein völlig gesetzmäßiges Verhalten in der Anordnung dieser fernen Welten; und dieser ungeheure Reichtum führt uns so eine Ordnung im Weltsysteme vor Augen, die sicher für die Erkenntnis des Universums von aller größter Bedeutung ist, von der wir uns aber auch zugestehen müssen, daß wir noch lange keine erschöpfende Erklärung für sie werden finden können. Es wäre interessant zu prüfen, fügt Prof. Wolf bei, ob die dichteste Stelle (AR = 12^h 53.5^m D = + 28° 40') den Milchstraßenpol nicht besser darstellt, als der von Houzeau angegebene Punkt.

Bei der Ausmessung der Koordinaten der Nebel auf der Platte und der gleichzeitig ausgeführten Beschreibung ihrer Gestalt fiel Prof. Wolf auf, daß die meisten andromedanebelartigen Gebilde ungefähr dieselbe scheinbare Lage im Raume besitzen. Er hat deshalb nach der Fertigstellung des Kataloges alle Nebel, die als länglich bezeichnet sind, und bei denen er Positionswinkel geschätzt hatte, zusammengestellt und geordnet, um zu sehen, ob sich wirklich eine derartige Gesetzmäßigkeit entdecken läßt.

Es ergab sich in der Tat die merkwürdige Erscheinung, daß die Richtungen der meisten länglichen Nebel sich um den Positionswinkel von 60° herum gruppieren, und daß diese Erscheinung am aus-

gesprochensten ist in jener Gegend, wo die Zusammendrängung der Nebelflecke auf dem engsten Raume stattfindet, je weiter man sich vom Pole entfernt, umso mehr nimmt sie ab. Sehr richtig bemerkt aber Prof. Wolf, daß es verfrüht wäre, an dieses merkwürdige Resultat irgend welche Spekulationen zu knüpfen. Eine weitere sehr merkwürdige und mit Sicherheit auch erst auf der Heidelberger Sternwarte erwiesene Tatsache ist die, daß im allgemeinen um jeden kosmischen Nebelfleck (d. h. um die hervorragenden, soweit sie bis jetzt untersucht wurden) sich eine sternleere Zone zieht, während im Nebel selbst die Anzahl der Sterne wieder zunimmt. Schon dem ältern Herschel war etwas ähnliches aufgefallen. Auf Veranlassung von Prof. Wolf hat nunmehr A. Kopff die Verteilung der Fixsterne um den großen Orionnebel und den Amerikanebel im Schwane gemäß den Aufnahmen zu Heidelberg genauer untersucht.[1]) Auch der Nebel Messier 8 ist, wie Kopff hervorhebt, ebenso wie die mit ihm zusammenhängende, mehr als 10 Quadratgrad umfassende Nebelmasse im S desselben (die Mitte liegt bei circa $18^h\ 0^m$ und — 26.4^0) von einem sternarmen Bande umschlossen; bei dem nördlich davon gelegenen Trifidnebel (Messier 20) tritt jedoch die Erscheinung weit weniger hervor. Die ausgedehnten Nebel um γ Scuti, sowie um ϱ Ophiuchi und nördlich von Antares sind von solchen Bändern ganz durchzogen. Besonders bei letzterem sind — nach den Beschreibungen und Bildern von Barnard — die Streifen scharf begrenzt und vollständig schwarz. Sie enthalten keinen einzigen Stern; bei sorgfältiger Prüfung erscheinen sie aber mit feinen Nebeln ausgefüllt, durch welche da und dort der noch schwärzere Himmelsgrund hindurchblickt. Auch hier ist die Verbindung mit der Sternenleere um den nördlich gelegenen Nebel bei ν Scorpii ganz auffallend. Von kleinern Nebeln ist Herschel IV 74 Cephei besonders bemerkenswert. Rings um diesen Nebel zieht eine breite, beinahe sternenleere Zone, die sich nach N zu fortsetzt. Andere sternarme Stellen finden sich in der Milchstraße noch z. B. bei den Nebeln um 15 Monocerotis, südlich von α Cephei, bei ϑ Ophiuchi, bei η Carinae usw. Schwach ausgesprochen ist die Erscheinung in der Umgebung der Plejaden; nur im NE ist eine Lücke deutlich sichtbar. Allen diesen einzelnen Beispielen ist noch das eine gemeinsam: wenn nicht, wie bei ϱ Ophiuchi, eine vollständige Sternleere in den die Nebel umschließenden Sternwüsten eintritt, so gehören die wenigen vorhandenen Sterne zu den hellern, so daß in den Lücken eher eine Zunahme an hellern Sternen gegenüber der Umgebung wahrzunehmen ist. Besonders fällt dies in den Gegenden der Milchstraße auf, wo die zahllosen kleinen Sterne ganz plötzlich aufhören und dadurch die Lücke mit ihren hellern Sternen sich um so mehr vom übrigen Teile des Himmels abhebt. Diese Tatsache spricht gegen die Ansicht Ranyards, daß die Lücken durch vor-

[1]) Publikation d. astro-phys. Observat. zu Heidelberg 1. p. 177 u. ff.

gelagerte dunkle Wolken zustande kommen. Aber schon das gemeinsame Auftreten von Nebel und Sternleere macht einen engen Zusammenhang beider sehr wahrscheinlich. Der langsam weiterziehende Nebel hat — um die Worte Herschels zu gebrauchen — »die umliegenden Himmelsräume verwüstet«, er hat die kleinen Sterne auf seiner Bahn verschlungen und neue, größere wieder gebildet. Nebel, große und kleine Sterne liegen alle in ziemlich derselben Entfernung von unserem Sonnensysteme. Als ein gemeinsames Ganzes, das sich umgestaltet und entwickelt nach uns unbekannten Gesetzen, sind sie Teile eines einzigen Systems. Vollständig verschieden sind die Verhältnisse bei andern Nebeln, deren Haupttypus der Andromedanebel bildet. Bei ihnen ist von einer Abnahme der Sterne um den Nebel nichts wahrzunehmen; die umliegenden Sterne scheinen ohne jeden Zusammenhang mit dem Nebel oder Sternhaufen zu stehen. Zu dieser Art gehören außer dem Andromedanebel, um nur einige Beispiele anzuführen, noch der Spiralebel in Triangulum (Messier 33), der Crabnebel im Taurus, der lang ausgedehnte Nebel Herschels V 19 Andromedae, der prachtvolle Nebel G.-K. 3249 oder auch die formlose Nebelmasse Herschels V 14 Cygni. Man hat es also hier mit zwei ganz verschiedenen Gattungen von Gebilden zu tun: mit Nebeln, die zu unserem Systeme gehören und mit den umliegenden Sternen in engster Verbindung stehen, und mit Gebilden, die möglicherweise mit unserem Systeme nichts zu tun haben. Über den Zusammenhang der Nebelflecke mit den umliegenden Räumen kann uns so die Art der Verteilung der Fixsterne um diese Nebel noch am leichtesten einigen Aufschluß geben.

Aus diesem Grunde hat A. Kopff genaue Abzählungen der Sterne um den Orion- und Amerikanebel vorgenommen und gibt darüber Tabellen und Zeichnungen. Wir geben hier die Endresultate: »Es findet sich unmittelbar, daß der Orionnebel von einer sternarmen Zone umgeben ist. Sie verbreitert sich gegen SE auffallend und erstreckt sich, wie aus andern Aufnahmen zu ersehen ist, weit über die dargestellte Fläche hinaus, indem sie sich nach S wendet. Allenthalben finden sich darin Spuren von nebligen Wolken, die stellenweise ziemlich kräftig hervortreten. Gegen NW teilt sie sich in 2 Arme, von denen der nördlichere noch in der nordwestlichen Ecke der Karte bemerkbar bleibt. Beide Arme sind durch ein Band feiner Sterne getrennt, das die Nebelmasse mit den außen liegenden Sternen verbindet. Im E und NE sind größere sternarme Stellen. Unmittelbar im N des Orionnebels nimmt die Sternendichte zu; hier befindet sich eine Gruppe heller Sterne, und erst nördlich von diesen ist die wenn auch etwas schwächere Abnahme wahrzunehmen.

In der NE-Ecke des untersuchten Gebietes befindet sich wieder eine Sternenleere, bedingt durch die südlichsten Teile des Nebels um ζ Orionis. Beide Gegenden sind durch einen Streifen mit verhältnismäßig wenigen Sternen (weniger als 20 im Quadrat) miteinander

verbunden. Beide Nebel scheinen darnach also im Zusammenhange miteinander zu stehen; tatsächlich zeigt die photographische Untersuchung der Gegend eine feine Nebelmasse, vom Nebel um ζ Orionis ausgehend, die sich in einem nach SE ausgebogenen breiten Bande in den Orionnebel erstreckt. Auf der Karte gibt sich dieses Nebelband durch eine mäßige Zunahme der Sterne zu erkennen.

Sogar die Verbindung beider Nebel tritt also in der Verteilung der Sterne der Umgebung hervor, so daß ein Schluß auf die innere Zusammengehörigkeit von Nebel und Sternenleere keinem Zweifel unterliegt.«

Was den Amerikanebel anbelangt, so ergab sich, daß der Nebel rings von sternärmern Gegenden umschlossen wird, die für sich allein fast genau dieselben Umrisse geben, wie sie der Nebel selbst auf der Photographie zeigt. Schon beim bloßen Betrachten der Photographie tritt die Sternleere um den Nebel ohne weiteres hervor, so daß es wenigstens für diesen Schluß kaum der mühsamen Abzählung bedurft hätte.

»Das interessanteste und für die Zukunft vielleicht wichtigste Resultat der Abzählung ist, daß dieser Nebel, obwohl er rings von Sternwüste umgeben ist, ebenso wie der Orionnebel nicht in der Mitte der Sternwüste liegt, sondern daß beide Nebel nahe am Ende derselben stehen. Der Orionnebel nahe dem nordwestlichen Ende, der Amerikanebel nahe dem nordöstlichen Ende seiner Sternwüste.

Der ganze südwestliche Teil der abgezählten Gegend enthält dementsprechend nur wenige Sterne, und diese Lücke breitet sich noch weiter gegen α und γ Cygni aus. Am Amerikanebel selbst findet eine so plötzliche Zunahme der Sterne statt, daß auf der Karte die Grenze zwischen der Anzahl unter und über 20 Sternen mit der Form des Nebels zusammenfällt. Im NW und N ist ebenfalls eine Abnahme der Sterndichte zu bemerken; 2 Lücken mit weniger als 20 Sternen im Quadrate treten besonders deutlich hervor. Von S zieht anderseits die Sternenleere in nordöstlicher Richtung den Nebel entlang und läßt ihre zwei nach NE und NW gerichteten Ausläufer in der NE-Ecke der Karte erkennen. Ein ziemlich breites Band, das bis zu 100 Sterne im Quadrate enthält, stellt im N die Verbindung des Nebels mit den umliegenden Sternen her. Im S des Nebels ist die Sternenleere durch eine mäßige Zunahme der Sternendichte unterbrochen. Im Innern des Nebels nimmt die Anzahl der Sterne sehr stark zu.

Wir finden so beim Amerikanebel dieselben Gesetzmäßigkeiten wie beim Orionnebel, die darauf hindeuten, daß ein ganz enger, innerer Zusammenhang zwischen unsern Fixsternen und diesen Nebelmassen besteht.«

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Über die Polhöhenschwankung hat Prof. Dr. R. Schumann einige Untersuchungen veröffentlicht.[1] Den Einfluß von Massenbewegungen auf und auch in dem Erdkörper auf die Achsenlage haben Darwin, Delaunay, Gyldén, Helmert, Hennessy, Hopkins, Spitaler, Thomson u. a. untersucht. Unter Heranziehung gewisser Vorgänge in der zugängigen Erdoberfläche, namentlich von meteorologischen Einflüssen und Massentransporten, sind mehrfach Erklärungen für die Polhöhenschwankung unternommen worden. Über die Konstitution des Erdinnern hat Wiechert eingehende Untersuchungen angestellt, deren Heranziehung zu einer Erklärung für das genannte Phänomen dem Verf. nicht von vornherein so aussichtslos erschien, daß nicht wenigstens ein Versuch gewagt werden dürfte. Wiechertist der Idee einer Zweiteilung des Erdkörpers näher getreten und gelangt am Schlusse seiner Arbeit zu der plausiblen Vorstellung: »daß die Erde aus einem Eisenkerne von etwa 10 Millionen Meter Durchmesser besteht, den ein Gesteinsmantel von etwa $1^1/_3$ Millionen Meter Dicke umgibt. Der Mantel beansprucht etwa $^1/_5$ des Erdradius. Dem Volumen nach kommt er dem Kerne etwa gleich, der Masse nach steht er weit zurück, denn hier ist das Verhältnis 2:5.

Wiechert kam zu dem weitern Ergebnis, daß der Raum zwischen Kruste und Kern nur eine plastische Schicht von verhältnismäßig geringer Dicke sein kann. Die Möglichkeit von Verschiebungen zwischen den beiden Körpern, sagt Prof. Schumann, ist nicht ohne weiteres abzuweisen; die Kruste treffen die äußern Stöße und Widerstände, und auf ihr finden Massentransporte teils periodischer, teils fortschreitender Art statt. Sind ferner die Abplattungen verschieden, so entsprechen den beiden Körpern verschiedene Nutationen. Läßt die »plastische Schicht« überhaupt Verschiebungen zu, so kann die Wiechertsche Hypothese wohl auch zur Erklärung dauernder, relativer Schwerpunktsverlegungen dienen, die, verbunden mit dem Aufhören eigener Rotation und ohne äußere Formveränderung zu verursachen, bei einigen Planeten vermutet werden.

[1] Astron. Nachr. Nr. 3877.

Unter der Annahme, daß zwischen den Gravitationszentren zweier solcher (von Kugelflächen begrenzter) Körper Verschiebungen von der Größenordnung 5 *m* (oder $^1/_{1300000}$ des Erdradius) möglich sind, untersucht nun der Verfasser, wie aus zweckmäßig angeordneten Beobachtungen auf der Krustenoberfläche solche Verschiebungen erkannt werden können, wobei er von der täglichen Drehung absieht.

Das Ergebnis ist, daß unter gewissen Verhältnissen solche in der Tat nachweisbar werden.

Die Messung des Erdbogens zwischen der Fundy-Bai und dem Golfe von Mexiko. Über dieses große von der Regierung der Vereinigten Staaten angeordnete und jetzt glücklich durchgeführte Unternehmen liegt der eingehende Bericht nebst den Rechnungsergebnissen vor.[1]) Eine kurze kritische Übersicht des Inhaltes desselben unter Berücksichtigung der frühern Arbeiten ähnlicher Art aber geringern Umfanges gibt Prof. E. Hammer,[2]) der das Folgende entlehnt ist. Der schief zu Meridianen und Parallelkreisen liegende Erdbogen hat folgende Endpunkte: 45° 11′ 9,4″ Br., 67° 16′ 57,9″ w. L. (bei Calais in Maine am St. Croix River, der kanadischen Grenze gegenüber) und 29° 57′ 24.4″ Br., 90° 4′ 24.4″ w. L. (bei New-Orleans in Louisiana). Die geodätische Linie zwischen diesen beiden Punkten ist rund 2612 *km* (gleich $23^1/_2{}^0$) lang und hat (von S über W gezählte) Azimute von rund 57° 31′ im nördlichen und 223° 22′ im südlichen Endpunkte. Sie durchschneidet die Gebiete von 16 Staaten der Union. »Auf die Verwendung von Gradbogenmessungen, die weder einem Meridian noch einem Parallelkreise der Erde folgen, zur Bestimmung der Erdfigur hatte schon Tobias Mayer hingewiesen, aber erst Bessel hat die »Gradmessung in Ostpreußen« als erstes Beispiel dieser Art ausgeführt. Vor der Möglichkeit der scharfen Längenunterschiedsbestimmungen mit Hilfe des elektrischen Telegraphen standen Parallelkreisbögen und schiefe Bögen mit Recht nicht in hohem Ansehen bei den Geodäten; heute ist dieses Urteil nicht mehr gerechtfertigt, und besonders sind schief liegende Bögen von genügender Ausdehnung ganz geeignet zur Ableitung der Elemente eines »Spezialellipsoids«, das die Krümmung der Erdoberfläche auf dem von jenem Bogen überzogenen Teile der Erdoberfläche darstellt.

Die ganze hier vorliegende Arbeit ist aus dem Wunsche und Bedürfnisse entstanden, die kleinen Triangulationen zur Aufnahme der Häfen u. s. f. längs der atlantischen Küste durch eine Haupttriangulierung untereinander in systematische Verbindung zu bringen; und von Anfang an stand als Ziel auch der Ausbau dieser Messung zu einer Gradmessung fest. Volle 2 Drittel des vorigen Jahrhunderts, 1833—1898, haben die Feldarbeiten gewährt.

[1]) The eastern oblique Arc of the United States and osculating Spheroid. Washington, Government Printing Office. 1902.

[2]) Petermanns Mitteilungen 1903. [64].

Die Triangulierung stützt sich auf 6 Grundlinien, die dem Bogen entlang etwas ungleichförmig verteilt und zusammen rund $68^1/_2$ *km* (= $^1/_{38}$ der Längenerstreckung der Triangulierung) lang sind. Die durchschnittliche Länge einer Basis ist also 11.4 *km*, sehr beträchtlich; die kürzeste ist die Kent Island-Grundlinie mit rund 8.7 *km* (1844 von Ferguson gemessen), die längste die Massachusetts-Grundlinie mit 17.3 *km* (ebenfalls 1844 von Blunt gemessen). Die Horizontalwinkelmessung geschah mit 30 *cm*-Theodoliten und dem 75 *cm*-Theodolit; der wahrscheinliche Fehler einer beobachteten Richtung geht in den verschiedenen Netzteilen von $\pm$ 0.26″ (in den Neuengland-Staaten) bis zu $\pm$ 0.79″ (in Georgia und Alabama), im Mittel beträgt er $\pm$ 0.51″. Für genügende Verstrebung der Verbindungen ist überall gesorgt; die Zahl der Dreiecke ist 483. Zum Zwecke der Ausgleichung ist das ganze Netz in dreizehn einzelne Stücke zerbrochen worden. Die (geodätischen) geographischen Positionen der Dreieckspunkte sind mit Zugrundelegung des Clarkeschen Ellipsoids von 1866 berechnet.

An astronomischen Bestimmungen sind vorhanden: 71 Breitenstationen, 17 Längenunterschiede und 55 Azimutstationen. Die Polhöhen sind fast sämtlich mit dem Zenitteleskop (Horrebow-Talcotts Methode) bestimmt, die Längendifferenzen alle mit Hilfe des elektrischen Telegraphen, die Azimute meist durch Messung von Horizontalwinkeln zwischen dem Polarsterne und einer vom Standpunkte ausgehenden terrestrischen Richtung. Die wahrscheinlichen Fehler der geographischen Längen der 17 Punkte gehen über $\pm$ 1.3″ ($\pm$ 0.1^s) nicht hinaus und sinken bis auf $\pm$ 0.75″ ($\pm$ 0.05^s).

Am meisten Interesse bieten weitern Kreisen ohne Zweifel die Ergebnisse des IV. Abschnittes: Ableitung eines oskulierenden Ellipsoids für den von dem Bogen überspannten Teile der Erdoberfläche. Mit verschiedenen Annahmen über das Gewicht der Azimutgleichungen werden vier verschiedene solche Ellipsoide abgeleitet, deren große Halbachsen zwischen

6 377 966 und 6 378 203 *m* liegen

(der wahrscheinliche Fehler ergibt sich je zu rund $\pm$ 90 *m*) und für die der Abplattungsnenner zwischen

307.6 und 303.7

(mit einer wahrscheinlichen Unsicherheit von je $\pm$ 2) liegt. Das dritte dieser Ellipsoide mit

$$a = 6\,378\,157 \pm 90\ m \text{ und } \frac{a}{a-b} = 304.5 \pm 2$$

wird als das beste angesehen; seine große Halbachse ist nur wenig kleiner als die der Clarkeschen Ellipsoide von 1866 und 1880 und wenig größer als die des Ellipsoids von Harkneß (aber 760 *m* länger als Bessels a, das bekanntlich in der Tat sicher um 0.7 oder 0.8 *km* zu kurz ist), die Abplattungsreziproke ist aber wesentlich größer

(die Abplattung kleiner) als bei Clarke (295—293), sogar noch ziemlich größer als bei Bessel (299) und bei Harkneß (300).

Immerhin zeigt sich auch hier wieder, daß große Abweichungen zwischen den Dimensionen solcher Ellipsoide, die der Krümmung eines bestimmten kleinen Stückes der Erdoberfläche sich am besten anpassen, und einem Erdellipsoid, das sich der Form der ganzen mathematischen Erdoberfläche am genauesten anschmiegt, nicht vorhanden zu sein scheinen.«

Schwerebestimmungen in Württemberg.[1]) Während der Monate März und April 1902 wurden auf 10 Stationen, die in ungefähr 15 *km* gegenseitigem Abstande nahe auf dem Pariser Parallelkreise gelegen sind, Schwerebestimmungen mittels zweier Pendel ausgeführt, während zwei andere Pendel zu den gleichzeitigen Beobachtungen in Stuttgart zurückgelassen waren.

Die Beobachtungen sind während der Nachtstunden von 9 bis 3 Uhr in Kellerräumen angestellt worden, deren Auswahl und Ausstattung mit einem Pendelpfeiler an den betreffenden Orten schon während des vorangegangenen Herbstes vorgenommen worden war.

Die östlichste Station (Bopfingen) an der Grenze des Ries (Nördlingen) liegt noch auf vulkanischem Untergrundgesteine. Die folgenden Stationen gegen Westen liegen auf Jura und Keuper, wogegen die zwei letzten Stationen der Reihe (Herrenalb und Liebenzell) auf den Sandsteinen des Schwarzwaldes sich befinden. Am höchsten über dem Meere liegen die äußern Stationen im Osten und Westen, am niedrigsten die mittlern. Die folgende Tabelle gibt nach K. R. Koch für die einzelnen Orte die Höhe, die beobachtete Schwere, die Reduktion auf Meereshöhe und die Abweichung der reduzierten Schwere gegen die theoretisch berechnete:

Station	Höhe	Schwere	Reduktion	Abweichung
Bopfingen . .	464.8 *m*	9.80885 *m*	+ 0.095 *cm*	+ 0.033 *cm*
Aalen . . .	428.6	9.80885	+ 0.087	+ 0.027
Unterböbingen	388.5	9.80895	+ 0.077	+ 0.028
Lorch . . .	283.5	9.80911	+ 0.058	+ 0.028
Schorndorf .	252 6	9.80915	+ 0.052	+ 0.025
Cannstadt . .	227.6	9.80926	+ 0.044	+ 0.028
Stuttgart . .	247.3	9.80915	—	—
Leonberg . .	384.2	9.80693	+ 0.074	+ 0.026
Heimsheim .	409.0	9.80885	+ 0.081	+ 0.024
Liebenzell . .	334.5	9.80896	+ 0.069	+ 0.026
Herrenalb . .	359.6	9.80912	+ 0.077	+ 0.048

Im allgemeinen sind also die Schwereverhältnisse auf dem gewählten Parallelkreise innerhalb Württembergs ziemlich regelmäßig;

[1]) Veröffentlichungen der Kgl. württemb. Kommission für internationale Erdmessungen. Jahrbuch des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg 1903. Naturw. Rundschau 1903. p. 291.

nur Herrenalb weicht stärker ab, was mit der Lage dieses Ortes in der Sohle eines tiefen Schwarzwaldtales (die umliegenden Berge sind 350—500 *m* höher) zusammenhängen mag.

Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane. Wie bereits im 12. Bande dieses Jahrbuches[1]) mitgeteilt wurde, hat Prof. Dr. Hecker durch Beobachtungen an Barometern und Siedethermometern Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane ausgeführt. Die definitive Berechnung dieser Beobachtungen ist nun beendigt und publiziert.[2])

Als endgültige Werte von Δg für Flachsee—Tiefsee wurden ermittelt, ausgedrückt in Höhe des Quecksilberbarometers:

	mm	*mm*
für die Ausreise:	$+0.017$	± 0.015
für die Heimreise:	$+0.048$	± 0.034.

Die mittlern Fehler sind so angegeben, wie sie sich aus der Addition der letzten Normalgleichungen bei der Ausgleichung aller Barometer für die Ausreise und ebenso für die Heimreise ergeben. Es bestätigen also auch die Beobachtungen auf der Heimreise die Hypothese von Pratt von der isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste für dieses Gebiet des Atlantischen Ozeanes. Im Mittel ergibt sich der Endwert, ausgedrückt in Störung Δg der Schwerkraft in Zentimetern. Δg für Flachsee— Tiefsee $= + 0.028\ cm \pm 0.018\ cm$.

Über die Reduktion der auf der physischen Erdoberfläche beobachteten Schwerebeschleunigungen auf ein gemeinsames Niveau machte Prof. Helmert in der Preuß. Akademie der Wissenschaften[3]) weitere Mitteilungen. In derselben wird die übliche Reduktion auf das Meeresniveau mit der normalen Höhenreduktion empirisch, sowie theoretisch aus der Gleichgewichtstheorie der Erdkruste begründet; dagegen die neuerdings vorgeschlagene Reduktion auf ein die höchsten Berge überragendes Niveau als unzweckmäßig erwiesen.

Letzterer Vorschlag ist von Brillouin gemacht worden, der die Reduktion auf ein in 10 *km* Meereshöhe gelegenes Niveau empfahl. Prof. Helmert behandelt bei dieser Gelegenheit auch die Gleichgewichtstheorie von Pratt und gelangt zu einem neuen Nachweise für die Zulässigkeit der Annahme, daß die kontinentalen Erhebungen über das Meeresniveau nach Pratts Hypothese unterirdisch durch Defekte der Dichtigkeit nahezu ausgeglichen sind, oder, anders ausgedrückt: daß sie im wesentlichen durch Massenverschiebungen aus einer ursprünglich homogenen, bezw. homogen geschichteten Erdkruste entstanden sind.

---

[1]) S. 157.

[2]) Vgl. Veröffentl. des K. Preuß. geodätischen Protokolls N. F. 13. Potsdam 1903.

[3]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1903. 31.

Oberflächengestaltung.

Gesetzmäßig wiederkehrende Höhenverschiebungen von Nivellementsfestpunkten behandelte W. Seibt.[1]) Im Jahre 1897 zeigten sich zum ersten Male die merkwürdigen Erscheinungen, und zwar bei Festlegung der selbsttätigen Gezeitenpegel an der Unterelbe bei Cranz und bei Brunshausen, daß die zur Aufstellung der Pegel dienenden Häuser und die an ihnen befindlichen Höhenbolzen, wie auch die Nullmarken der Pegellotvorrichtungen bei Niedrigwasser eine um einige Millimeter andere Höhenlage hatten als bei Hochwasser. Im folgenden Jahre wurde gefunden, daß die Höhenverschiebungen periodisch wiederkehren und genau dem Wasserstande entsprechend eintreten. An beiden Punkten bewirkt das Ebben des Wassers ein allmähliches Heben, die Flut ein allmähliches Sinken des Pegelhauses.

Die Amplitude der Schwankungen beträgt etwa 3 *mm*, Beobachtungen im Mai 1901 bestätigten diese Ergebnisse vollständig. Eine genügende Erklärung ist dafür noch nicht zu geben. Seibt glaubt, daß in der Erscheinung die elastische Nachgiebigkeit des Untergrundes der im Wasser erbauten Pegelhäuser zum Ausdrucke komme. Endlich ergab sich auch noch, daß an den beiden genannten Punkten eine fortschreitende Senkung des Bodens von einigen Millimetern pro Jahr stattfindet.

Die Felsbildungen der sächsischen Schweiz waren Gegenstand einer Darlegung von Alfred Hettner.[2]) Diese Felsbildungen sind durch ihren eigentümlichen Charakter weithin bekannt. »Überall treten dem Beschauer dort die seltsamsten, barocksten Felsgebilde entgegen: wabenartige Zerfressungen der Felswände, Nischen, Höhlen, Überhänge, Tore von den kleinsten bis zu recht beträchtlichen Ausmaßen, schmale Felsmauern und isolierte Felspfeiler und Felsblöcke, oft wunderlich modelliert, so daß eine kindliche Phantasie darin das Gesicht Napoleons oder die Form einer Gans, eines Lammes, eines Kamels, einer Lokomotive entdeckt. Die Täler oder „Gründe“ wenigstens des rechten Elbufers haben steile, oft beinahe senkrechte Felswände, an denen die Pflanzen nur mit Mühe haften. Die meisten Gipfel sind ausgesprochene Tafelberge, sogenannte Steine, bei denen sich eine Felskrone von einem sanfter geneigten Fußkegel abhebt. In andern Teilen finden wir ausgedehnte Felsplatten, die in steilen, durch Felskessel und Felsrippen reich gegliederten Wänden abfallen.

---

[1]) Zentralblatt der Bauverwaltung, herausgegeben im Ministerium der öffentl. Arbeiten. Berlin 1902.

[2]) Geograph. Zeitschr. 1903. 9. p. 608.

Die Steine und die Felsmauern erheben sich über weit ausgedehnten wagerechten oder sanft abgedachten „Ebenheiten", in die wieder die Täler eingesenkt sind. Besonders im untern Teile der sächsischen Schweiz sind diese Ebenheiten deutlich ausgebildet, und man sieht hier mehrere Ebenheiten von verschiedener Höhe mit Landstufen aneinander treten.«

Diese merkwürdigen Felsbildungen, die zum Teile an die Cañons des Coloradogebietes erinnern, beruhen auf der Beschaffenheit des Quadersandsteines, der in unserem feuchten Klima ähnliche Formen hervorruft, wie in der Wüste die Trockenheit des Klimas. Jedenfalls hat bei der Herstellung der sächsischen Schweiz das Wasser eine Hauptrolle gespielt, wenngleich anders als bei den meisten deutschen Mittelgebirgen. »Die Zerstörung der sächsischen Schweiz durch die Gewässer,« sagt Hettner, »stimmt mit der der übrigen deutschen Mittelgebirge darin überein, daß sie nur ganz allmählich von den durch die Verwerfungen und Flußlinien gegebenen Tiefenlinien aus ins Innere vordringt, sie unterscheidet sich aber von den meisten dadurch, daß dieses Vordringen nicht mit trichterförmigen, sondern, ähnlich wie in der Wüste, mit kesselförmigen Einsenkungen erfolgt. An Stelle flacher Böschungen, die durch Trichter und dazwischen liegende gerundete Bergrippen gegliedert sind, sind darum Felswände mit Felskesseln und dazwischen sich vorstreckenden Felsmauern die vorwaltenden Formen. Die erhalten gebliebenen Stücke der ursprünglichen Tafelfläche, mögen sie noch eine weite Flächenausdehnung haben oder länglich gestreckte Rücken oder einfache Berge bilden, sind stets durch solche Felswände begrenzt und sind daher je nachdem Tafelmassen, die an den Rändern in wirre Felsreviere aufgelöst sind, oder Felsmauern oder Tafelberge, sogenannte Steine, bei denen sich eine Felskrone von einem Fußkegel absetzt. Felsmauern, die auf beiden Seiten von Kesseln angegriffen werden, zeigen Einsattlungen, die nach den beiden Seiten aber nicht allmählich, wie bei gewöhnlichen Kämmen, sondern treppenförmig ansteigen. An der Spitze einer zwei benachbarte Kessel trennenden Felsmauer stehen häufig isolierte Felssäulen oder Felspfeiler oder, in größerem Maßstabe, eigentliche Vorberge, die immer die Form von Steinen haben. Am Fuße der Tafelmassen und Tafelberge breiten sich sanftwellige Felsplatten aus, die aus der Zerstörung hervorgegangen sind; die niedrigen Bodenschwellen entsprechen den ehemaligen Felsmauern.«

In der sächsischen Schweiz erfolgt die Abtragung also nach ähnlichen Gesetzen, wie sie Powell und Dutton für das Cañongebiet des Colorado entwickelt haben: an den Seiten der Verwerfungen und Tallinien bilden sich Felskessel aus, sie vergrößern sich allmählich nach den Seiten und nach hinten, die trennenden Felsrippen werden zerstört, und flache Schwellen treten an ihre Stelle, die Felswände im ganzen weichen nach hinten zurück (Recession of Cliffs), die ursprüngliche Tafel wird immer kleiner und verliert immer mehr den

Zusammenhang, vielfach bleiben nur noch einzelne Felsmauern und Tafelberge davon übrig, bis auch sie verschwinden, und eine flach gewellte Oberfläche zurückbleibt. Es ist eine besondere Form des allgemeinen Vorganges der Einebnung der Gebirge, der Peneplanation, wie man heute oft mit einem von W. M. Davis eingeführten Ausdruke sagt, der Abrasion, wie man, eine zunächst allerdings für die Brandungswirkung geschaffene Bezeichnung v. Richthofens erweiternd, sagen könnte.«

Eine ganz klare Vorstellung von dem Vorgange der Abtragung ist aber nach Hettner noch nicht zu gewinnen, der letzte Schlüssel für das morphologische Verständnis der sächsischen Schweiz fehlt uns noch. »Ihrem innern Baue nach«, sagt Hettner, »ist sie ein Block von Sandstein, mit schwachen aber bedeutsamen Zwischenschichten von Pläner und Mergel. Im Meere der obern Kreide abgelagert, wurde sie gegen den Schluß der Kreidezeit über den Meeresspiegel gehoben und in der Mitte der Tertiärzeit von großen Dislokationen betroffen, die teils der sudetischen, teils der erzgebirgischen Streichrichtung folgen. Ob das Land in der ältern Tertiärzeit Tiefland oder zu größerer Höhe gehoben war, und welche Fortschritte die Abtragung schon gemacht hatte, können wir nicht sagen; in der Hauptsache gehört die Abtragung wohl erst der Zeit nach der Dislokation oder wenigstens nach der im sudetischen Sinne erfolgten Dislokation, d. h. nach dem Einsinken des Quadersandsteinblockes zwischen Erzgebirge und Lausitzer Platte, an, da der Sandstein überhaupt nur in dieser Einsenkung erhalten, auf der Lausitzer Platte und dem Erzgebirge dagegen abgetragen ist, und da auch die Landstufen ungefähr in der Richtung der durch die sudetische Dislokation bewirkten Schichtenneigung verlaufen. In der Bildung dieser Landstufen und Ebenheiten, die in Abhängigkeit vom Gesteinswechsel erfolgt ist, haben wir im ganzen wohl die älteste noch heute in Betracht kommende Tatsache der Ausgestaltung des Bodens durch äußere Kräfte zu erblicken. Auch die Zerstörung innerhalb des den nordöstlichen Teil der sächsischen Schweiz einnehmenden obern Quadersandsteines hat damals selbstverständlich schon eingesetzt, ist aber, wie es scheint, erst später mit der Ausbildung der Talterrasse der Kamnitzelbe und ihrer Zuflüsse und der darauf gerichteten Ebenheiten zu einem vorläufigen Abschlusse gelangt. Diesen Zustand hat die sächsische Schweiz in der großen Eiszeit gehabt. Danach hat — die Ursache muß dahingestellt bleiben, vielleicht hängt sie mit dem Eintritte der böhmischen Elbe zusammen — die Erosion weiter in die Tiefe schneiden können; aber dieser Vorgang ist noch nicht weit gediehen, er beschränkt sich der Hauptsache nach noch auf die Bildung von Gründen und Schluchten. Darum heben sich in der östlichen sächsischen Schweiz 2 Höhenzonen, eine obere der über größere Flächen sich erstreckenden Zerstörung, der über großen Felsplatten aufsteigenden Felsreviere und Tafelberge, und eine untere der nur

in einzelnen Linien erfolgten Zerstörung, der Gründe, deutlich voneinander ab. Es ist aber nur ein Gegensatz im Betrage, nicht in der Art der Zerstörung. Es liegt kein Grund vor, daraus auf einen Wechsel des Klimas zu schließen. Die eigentümliche Art der Bodengestaltung der sächsischen Schweiz ist nicht im Klima, sondern in der Gesteinszusammensetzung begründet; ihre Felsbildungen sind nicht, wie die der Wüste, die Folge einer Trockenheit des Klimas, sondern der Trockenheit des Bodens.

Über Bergstürze im norddeutschen Flachlande machte Prof. Jentzsch in der deutschen geologischen Gesellschaft Mitteilungen. Ein langsam fortschreitender Erdrutsch findet sich bei Darkehmen in Ostpreußen, über den Nachrichten seit 1811 vorliegen. Das Abrutschgebiet liegt am rechten Ufer der Angerapp und hat die dort entlang führende Fahrstraße, sowie ein Wohnhaus zerstört, auch Bäume fortgerissen. Solche Erdbewegungen sind an Steilgehängen außerordentlich verbreitet, am häufigsten an jetzigen oder frühern Prallstellen der Flüsse bei Ton und Tonmergel. Neben diesen langsamen Erdbewegungen kommen auch schnelle Massenbewegungen vor, so 1878 am rechten Ufer des Memelstromes, 10 *km* östlich von Tilsit. Dort hatte der Strom bei Eisgängen und Hochfluten den Fuß der Talböschung nach und nach so weit abgetragen, daß die geringe abnagende Tätigkeit des Flusses im Sommer jenes Jahres genügte, um den Sturz plötzlich auszulösen. Wie Prof. Jentzsch vermutet, hat dabei Quellenbildung die Wirkung des Stromes unterstützt. Durch ähnliche, wenn auch kleinere Abstürze sind offenbar die zackenförmigen Klippen von Geschiebemergel entstanden, welche das Weichselufer zahlreich aufweist. Einen noch frischen Sturz sah Prof. Jentzsch im Juni 1900 an der Danziger Bucht nordöstlich von Hochredlau. An der Oberkante stehend, schaut man dort hinab in einen Kessel mit kraterähnlich abfallenden Steilwänden, während der Boden desselben von einem schwer betretbaren Gewirre größerer und kleinerer Erdschollen und hinabgestürzter Bäume und Sträucher bedeckt ist. Unterhalb Schwetz am linken Ufer der Weichsel findet man einen der größten Bergstürze des Flachlandes, dessen Datum aber nicht bekannt ist. Überhaupt bestehen dort viele alte Sturzgebiete; einige davon sind so ausgedehnt, daß sich auf ihnen Wohnhäuser und Gärten, ja kleine Äcker finden. Wie in Ostpreußen, so sind auch an andern Strömen und Flüssen des norddeutschen Flachlandes ältere und jüngere Bergrutsche viel verbreitet, und sie bilden einen wesentlichen Teil der Vorgänge bei der Vertiefung und Verbreiterung der Täler. — Im Siebengebirge am Rhein hat das Unwetter am 3. Juni vielfache Erdrutschungen verursacht. Sehr deutlich treten diese dem Wanderer im Nachtigallentale vor Augen, wo die Gehänge des Weges gegen den Bach hin vielfach abgestürzt sind, und Längsrisse im Boden weitere Abstürze in Aussicht stellen.

Über die Entstehung und Wanderung der Dünen hat O. Baschin an der Nordseeküste Beobachtungen angestellt,[1]) und zwar in der Nähe des Seebades Fanö. Aus seinen Messungen geht hervor, daß die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung der dortigen kleinen Dünen sehr beträchtlich ist und bis zu 3 *m* pro Tag beträgt. Der Grund dafür, daß die hohen Wanderdünen langsamer vorrücken als niedrige Dünen, liegt einfach darin, daß unter sonst gleichen Bedingungen bei einer hohen Düne eine längere Zeit erforderlich ist, um an der Leeseite so viel Material anzuhäufen, daß eine merkliche Vorwärtsbewegung des Dünenkammes eintritt, als bei einer niedrigen.

Die Sandzufuhr durch den Wind ist ja bei hohen und niedrigen Dünen die gleiche, aber bei einer zehnmal höhern Düne muß die zehnfache Menge Sand auf der Leeseite abgelagert werden, um ein Vorrücken um den gleichen Betrag zu ermöglichen, so daß also die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung direkt proportional der Höhe der Düne ist.

Auch die Form der Barchane läßt sich unter dem gleichen Gesichtspunkte leicht erklären. Bei jeder Sandanhäufung werden nämlich die nach der Mitte zu gelegenen höhern Teile langsamer in der Richtung des Windes fortschreiten, als die peripherischen niedrigern Partien, so daß sich aus einer rein kegelförmigen Sandanhäufung bei konstanter Windrichtung ein vollständig symmetrischer, typischer Barchan entwickeln muß.

Eine besondere Eigentümlichkeit der Dünen ist bekanntlich der kurze, fast senkrechte Steilabfall, der den obersten Teil der Leeseite bildet und dem Dünenkamme die Form eines scharfen Grates verleiht. Bertololy[2]) hebt hervor, daß bisher noch keine befriedigende Erklärung dieses Profils gegeben worden ist; er versucht, den Steilabfall dadurch zu erklären, daß er annimmt, der Luftwirbel, der sich an der Leeseite der Düne um eine horizontale Achse bilde, sei imstande, durch Erosion einen steilen, 2—3 *m* hohen Absturz zu erzeugen. Dieser Anschauung kann Verf. nicht beipflichten, da er sich bei seinen Beobachtungen direkt davon überzeugen konnte, daß die Entstehung des kurzen Steilabfalles lediglich auf Abrutschungen an der Leeseite zurückzuführen ist.

Der Untergrund von Venedig. Über denselben verbreitete sich, aus Anlaß des Einsturzes des Markusturmes, Dr. Ochsenius.[3]) Nach einigen Bemerkungen über abgeschlossene Wasseransammlungen in allen ältern Schichtsystemen, welche der Bergmann mit dem

[1]) Zeitschr. der Gesellschaft f. Erdkunde. Berlin 1901. p. 422.

[2]) Ernst Bertololy, Rippelmarken und Dünen. (Münchener Geographische Studien, herausgegeben v. Siegmund Günther. 9. Stück.) München 1900. p. 137—139.

[3]) Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellsch. 54. p. 133.

Namen »Wassersäcke« zu bezeichnen pflegt, erläuterte er den Begriff eines »Wasserkissens«, welchen Namen man denjenigen Wasseransammlungen im Alluvium beigelegt hat, die unter einer elastisch gebliebenen Decke befindlich und unter Druck geraten sind.

Die Bildung ist mehrfach beobachtet worden. Tote Flußarme, Teiche, Tümpel, sich selbst überlassen, werden von einer Schicht schwimmenden Pflanzenmaterials überzogen, und diese Schicht wird unter Umständen so dicht und fest, daß darauf gewehter Staub und Sand nicht mehr untersinkt, sondern sich verfestigt. Zuletzt ist die ganze Vertiefung ausgefüllt und eingeebnet, der flüssige Inhalt am Grunde ist total eingesperrt und trägt seine Decke, die vielleicht nur wenig elastisch geblieben ist, ruhig weiter, solange keine Störung eintritt.

Derartige Formationen von Wasserkissen können sich sogar übereinander wiederholen. Recht unliebsame Erfahrungen mit solchen haben Eisenbahnen im norddeutschen Flachlande gemacht. Verluste an ganzen Dämmen sind zu notieren bei dem Baue der Berliner Nordbahn, der Bahn Köslin-Stargard, der Märkisch-Posener Bahn usw.

Für Wasserkissenbildung war und ist nun die norditalienische Poebene wie geschaffen. Eine üppige Vegetation auf den zahlreichen Tümpeln und Teichen, die der Po, dessen Niveau ja gegenwärtig stellenweise höher liegt als die First der Häuser der benachbarten Ortschaften, auf seinen beiden Ufern hinterließ, hat unter mildem Klima dort förmliche Etagen von Wasserkissen zuwege gebracht. Das wird bewiesen durch die behufs Beschaffung von gutem Trinkwasser ausgeführten Tiefbohrungen und deren Druckverhältnisse. Offenbar gehören nun die Alluvionen in den Deltagebieten des Po, der Etsch usw. zu den jüngsten. Die alte Küstenlinie historischer Zeit kommt von Ravenna, geht durch Adria und Mestra (15 *km* vom jetzigen Meeresufer, d. h. dem Venedig östlich vorliegenden Damme Murazzi bei Malamacco) über Aquileja nach Duina bei Triest.

Dieser schmale Küstenstrich, der Ostsaum der norditalienischen Ebene ist also in historischer Zeit von dem mineralischen Detritus gebildet worden, welchen die Flüsse aus den Alpen anbrachten. Triasdolomite, Juratone und -kalke, Kreidemergel, Tertiärmacigno, sowie einige Trachytausbrüche lieferten kalkig-tonig-sandiges Material für den Aufbau von soliden Decken über oberflächlich zugewachsenen Tümpeln und Wasserflächen.

Auf solchen Mergelschichten (caranta) stehen Venedig (mit seinen 122 Inselchen), Padua, Adria, Vicenza, Verona usw.

Da ist eine Bildung von Wasserkissen und ähnlichen Hohlräumen, die mit Wasser und Gasen gefüllt blieben, vor sich gegangen. Die Degousséeschen Venediger Straßenbohrungen in den Jahren 1846 bis 1849, sowie die von 1866 mit ihren üblen Folgen beweisen das. Mit Gewalt wurden die schlammigen Gewässer an 40 *m* hoch aus den Bohrlöchern über die Hausdächer geschleudert, ganze Stadtviertel

erlitten Senkungen. Sueß schrieb: »Bei einem solchen Lande hat man Grund zu staunen, daß sein Rücken durch so viele Jahrhunderte die große Belastung mit Gebäuden verhältnismäßig ruhig getragen und dadurch gestattet hat, daß an dieser Stelle eine so glänzende Stätte menschlicher Kultur erblühte.

Allein die Zeichen der Unsicherheit des Baugrundes von Venedig sind doch schon alten Datums. Das römische Pflasterniveau liegt 2 *m*, das des Mittelalters 1,7 *m* unter dem jetzigen.

1505 mußte das Kaufhaus der Deutschen aus dem 13. Jahrhunderte umgebaut werden. Im Dogenpalaste sind einzelne Mauern mit Ketten an ihre fester stehenden Nachbarn gefesselt worden.

Im Juli 1902 stürzte der berühmte Glockenturm von S. Marco in sich zusammen. Jetzt stellt sich heraus, daß sehr, sehr viele andere Monumentalbauten demselben Schicksale entgegengehen, so S. Stefano mit der großen Merosiniglocke, S. Donato, Miracoli, Maria Mater Domini, Frari, S. Giovanni, S. Zacarria, Barnaba und viele andere.

Die Existenz von Wasserkissen als Ursache der Einsturzepidemie in dem armen Venedig und in seinen Leidensgenossen Adria, Verona, Vicenza wird neben den Bohrresultaten bewiesen durch das Aufsteigen von Wasser, das nach oben, dem einzigen Auswege, gepreßt wird. Darüber berichtet Ugo Oretti, daß 1 *m* unter dem Fundament des Kirchturmes der Frari sich jetzt Wasser zeigt,

An ein Faulwerden oder Nachgeben der Pfahlroste, deren Eichenstämme bis zu 9 *m* Tiefe die Venetianer Fundamente förmlich spickten, ist nicht zu denken. Holz, namentlich das der Eiche, fault nicht im Wasser, wohl aber verkohlt und verkieselt es. Das wird bewiesen durch die alten Pfähle aus römischen Rheinbrücken, Bohlen aus phönizischen, bezw. römischen Bleibergwerken an der Nordküste von Spanien, z. B. bei Reocin, und durch die Funde von Eichbäumen in Flußbetten, welche ein schwarzes, hartes und sprödes Holz lieferten, das sich noch erfolgreich, wenn auch nur mühsam, bearbeiten ließ.

Die einzige Erklärung der Venetianer Verhältnisse besteht also in der (bereits als richtig bewiesenen) Annahme von Stellen mit hohlem, wassererfülltem Untergrunde, aus dem die solide Decke das darin enthaltene Wasser und Gas jetzt langsam durch einen von Überlastung herrührenden Riß nach oben, auf dem einzigen Auswege, herausquetscht. Mit andern Worten: es sind Wasserkissen, deren Kissenüberzug durch Anstechen, Anbohren oder Zerreißen von oben her durchlöchert worden ist und nun bei partieller oder kompletter Entleerung des wässerigen (zum Teil auch gasförmigen) Inhaltes durch die entstandene Öffnung mit seiner ganzen Belastung absinkt.

Ein merkwürdiger Fall von Erosion durch Stauhochwasser bei Schmarden in Kurland wurde von Dr. Bruno Doß

geschildert.[1]) Dort hat im Frühjahre 1900 ein kleiner, durch Eis gestauter Bach in 34 Stunden, während deren er gezwungen war, sich einen seitlichen Ausweg zu suchen, cañonartige Erosionsschluchten gebildet, und zwar durch rückwärts einschneidende Wasserfälle. Das erodierte und abgebrochene Material (tonig-mergelige Sedimente und Dolomittrümmer) wurde durch die starke Strömung geradezu ausgefegt; im ganzen sind während der angegebenen Zeit 2250 *cbm* Dolomite, Mergel und Schutt durch die Stauwässer ausgenagt und weiter transportiert worden. Das Gefälle betrug auf 100 *m* etwa 1.7 *m*. Diese Tatsache lehrt, »daß Wasserschwellungen nicht nur in denjenigen Erdgebieten eine große geologische Bedeutung besitzen, woselbst fast beständige Dürren von nur seltenen, aber um so heftigern Regengüssen unterbrochen werden, durch deren Transportkraft z. B. die Physionomie der Wadis von Ägypten, Arabien usw. erhalten bleibt, sondern daß dieselben auch in unsern gemäßigten Breiten zu hervorragenden geologischen Faktoren werden können. Was dort die heftig einsetzenden tropischen Regengüsse bewirken, das erfolgt hier durch die Schwellung der Gewässer infolge Eisstauungen. In der Hauptschlucht steht uns fernerhin ein Beispiel dafür zu Gebote, daß die Erosion in der Horizontalen äußerst schnell rückwärts schritt, obgleich die Tiefenerosion noch nicht ihr mögliches Maximum erreicht hatte, dessen Ausmaß durch das Niveau der flußabwärts gelegenen Strecke bedingt wird. Im Gegensatze hierzu beobachtet man ja bekanntlich im Schichtungstafellande bei einer einmal eingeleiteten Rückwärtserosion meist eine schnell vor sich gehende Ausfurchung nach der Tiefe, aber nur ein sehr langsames Wachsen der Erosionsfurche nach rückwärts, so daß die Plattenränder von sehr steilen, wilden, aber in der Horizontalen nur wenig entwickelten Schluchten zersägt sind.«

Der abnorm große Betrag der erodierenden Tätigkeit des rückwärts schreitenden Wasserfalles bei Bildung des obigen Schluchtensystems wird übrigens gut illustriert durch Vergleich mit einem Wasserfalle der baldischen Provinzen, welcher in Gesteinen sich vollzieht, die keinesfalls härter sind als diejenigen des Dolomitmergelkomplexes bei Schmarden. »In dem durch seine wilde Romantik bekannten Tale der besonders im Frühjahre sehr wasserreichen Perse, einem rechtsseitigen Nebenflusse der Düna, finden sich bei Kokenhusen viele kleinere und größere Talstufen, über welche die Gewässer in Kaskaden und kleinern Fällen abstürzen. An einem dieser Fälle — Verf. schätzt seine Höhe aus der Erinnerung auf etwas über 1 *m* — ist festgestellt worden, daß er in einem Zeitraume von 11 Jahren um 5.3 *m*, im Durchschnitte also alljährlich um 0.48 *m* talaufwärts rückte.[2]) Der petrographische Charakter der devonischen Schichten,

[1]) Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft 55. p. 1.

[2]) Korrespondenzblatt d. Naturf.-Ver. zu Riga 1889. 32. p. 29.

über welche sich dieser Wasserfall ergießt, ist folgender: zu oberst eine Bank tonhaltigen dolomitischen Kalksteines, darunter Schichten sehr feinkörnigen zerreiblichen tonhaltigen Sandsteines, an der Aufprallstelle feinkörniger tonig-kalkiger Sandstein. Der 6.2 *m* hohe Fall des Jaggowal bei Jegelecht, 23 *km* östlich Reval, soll in 100 Jahren um circa 10 *m* zurückschreiten.[1]) Hier werden die von untersilurischem Glaukonitkalk überlagerten Glaukonitsande und oberkambrischen Diktyonemaschiefertone unterwaschen. Ob bezüglich der Größe des Rückwärtsschreitens des bedeutendsten ostseeprovinziellen Wasserfalles, des Narowafalles bei Narwa, schon Bestimmungen ausgeführt worden sind, ist Verfasser im Augenblick nicht bekannt. Fixpunkte hierfür hat bereits Helmersen 1861 angegeben.[2]) Zum Vergleiche sei schließlich noch erwähnt, daß der Niagarafall jährlich um ca. 1 *m* rückschreitet.[3])

Welch gewaltige Stoßkraft endlich die im Schlockebette bei der Schmardener Mühle sich stauenden Eisschollen entwickelten, wird durch folgende Tatsache beleuchtet. Unter den im Bachbette direkt unterhalb der Brücke liegenden erratischen Blöcken war einer durch seine auffallende Größe bemerkenswert und allen Anwohnern bekannt. Nach Verlauf des Hochwassers bemerkte man, daß derselbe seine Lage verändert hatte. Er war durch die andrängenden Eisschollen 20 *m* bachabwärts geschoben und gerollt worden. Mit derjenigen Partie, welche früher im Boden steckte — es ist dies, wie aus der hellern Farbe ersichtlich, knapp die Hälfte der gesamten Masse —, ragt der Stein jetzt nach oben. Er besitzt bei einer Länge von 2.6 *m* und einer größten Breite von 1.6 *m* einen Umfang von 6 ½ *m*, erhebt sich mit seinem freiliegenden Teile zurzeit 1 ½ *m* über das Bachbett und besteht aus finischem Granite.«

Über das Relief von Norwegen verbreitete sich Hans Reusch.[4]) Er betont, daß die viel verbreitete Annahme, das skandinavische Hochgebirge sei ein Plateaugebirge, was den innern Bau anbelangt, insofern unrichtig ist, als wir in einer breiten Zone der Westküste entlang von dem Südende Norwegens bis zum Nordkap ein ausgesprochenes Faltengebirge haben, ebenso gut wie in den Alpen, nur daß die Faltung schon vor der Kohlenperiode abgeschlossen war. »Die jüngsten gefalteten Gesteine sind fossilfreie Sandsteine (nördlich von Bergen), in denen man devonische Ablagerungen zu vermuten hat. Östlich vom großen Faltenzuge, z. B. im mittlern

[1]) Rathlef, Skizze der orographischen und hydographischen Verhältnisse von Liv-, Esth- und Kurland. Reval 1852. p. 64.

[2]) Die geologische Beschaffenheit des untern Narowatales etc. Bull. Acad. sciences, Petersb. 1861. **3.** p. 13.

[3]) Bakewell. Observations of the Falls of Niagara (Am. Journ. (2 1857 **23.** p. 85); zitiert nach Penck, Morphologie der Erdoberfläche **1.** p. 319.

[4]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1903. p. 425.

Schweden, liegen die Silurschichten horizontal, sind aber durch vertikale Verwerfungen in verschiedene Höhe gebracht. Die Erdkruste ist in dem westskandinavischen Gebirgszuge nicht nur in Falten zusammengeschoben, auch große Überschiebungen haben stattgefunden. Es scheinen sogar gewisse Teile der Erdkruste durch beinahe horizontale Spalten von ihrer Unterlage abgelöst und danach durch Schub in horizontaler Richtung viele Kilometer weit bewegt worden zu sein. Archäische Gesteine sind dadurch über weite Strecken auf silurische gekommen.

Die Gebirge Norwegens sind Rumpfgebirge. Durch ungezählte Jahrtausende sind ungeheure Massen von der Erdkruste abgeschält, so daß uns die gegenwärtige Oberfläche nur Gesteine zeigt, die einst tief begraben lagen.«

Reusch zeigt an Beispielen und schematisch den Einfluß der Erosion durch fließende Gewässer und die Arbeit der Gletscher auf die Modellierung der paläischen Oberfläche Norwegens und betont auch die Wirkung der marinen Denudation. Das Land hat durch lange Zeiten am Ende des Tertiärs und in der Diluvialzeit um ein Niveau, das nicht sehr vom gegenwärtigen abweicht, oszilliert; dadurch ist eine wohl ausgebildete kontinentale Plattform entstanden. Die höhern Teile der kontinentalen Plattform ragen aus dem gegenwärtigen Meere hinaus und bilden die Strandebene, den Wohnplatz für einen bedeutenden Teil der norwegischen Bevölkerung. Die kontinentale Plattform ist von unterseeischen Tälern gefurcht, die gebildet wurden in Zeiträumen, wo die Plattform höher lag als jetzt. Wie bekannt, sind die Fjorde auffällig tief. Reusch ist geneigt, anzunehmen, daß sich die Fjorde mehr oder weniger tief bis zu dem Abfalle der Plattform fortsetzen, und daß die äußern Partien, zum großen Teile von loserem Materiale, vornehmlich von Moränenmassen, zugeschüttet wurden. Die große Tiefe der Fjorde sei zum Teile durch die ausräumende Tätigkeit der Gletscher hervorgebracht, zum Teile aber haben auch die Gletscher zu Zeiten, wo die Gletscherzungen nicht aus den Fjordgegenden herausreichten, den Felsgrund beckenartig ausgegraben. Die Möglichkeit dürfe auch nicht ausgeschlossen werden, daß die Tiefe der Fjorde dadurch gesteigert werden konnte, daß die letzte Phase der Krustenbewegung ein größeres Einsinken des Landes im Innern wie an der Küste hervorgebracht haben kann.

Die geomorphologischen Verhältnisse Ostasiens. Wie die geographischen Karten zeigen, schneiden Ost- und Südostasien in mehrern großen Bogen gegen das stille Weltmeer hin ab, ja diese Neigung zur Bildung von nach auswärts gekrümmten, konvexen Bogen zeigen auch viele der großen Gebirgszüge Ostasiens vom hohen Norden bis herab zur Küste Hinterindiens. Auch die dem asiatischen Festlande vorgelegenen Inselreihen zeigen diese bogenförmigen Anordnungen in mehrern Wiederholungen: so die Aleuten, Kurilen, die

japanischen Inseln und die Liukiu- oder Riukiuinseln, ja selbst im Südosten wiederholt sich die bogenförmige Anordnung in den großen Sundainseln und in den Philippinen. Wenn man noch weiter in den Ozean vorschreitet, zeigt sich sogar die bogenförmige Gruppierung von Inseln nochmals in der allgemeinen Anordnung der kleinen Eilande, die südlich von Nippon mit den Siebeninseln beginnend, die Ladronen- und Palauinseln umschließend auf die Molukken hinziehen. Daß diese guirlandenförmige östliche Umrandung Asiens nicht zufällig sein wird, kann man wohl annehmen, allein weiter zu gehen, lediglich auf Grund der kartographischen Darstellungen, müßte zu Willkürlichkeiten führen. Nur an der Hand geologischer Untersuchungen darf man höchstens einige Schritte in das Dunkel der erdgeschichtlichen Vergangenheit wagen, um die Entstehung der Gestaltung des asiatischen Kontinents vorstellig zu machen. Mit Forschungen dieser Art hat sich seit mehrern Jahren Prof. Dr. v. Richthofen beschäftigt und die Ergebnisse seiner bezüglichen Kombinationen zu verschiedenen Zeiten der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften in Berlin vorgetragen.[1])

Schon vor 20 Jahren (in seinem Buche über China) hatte Prof. v. Richthofen darauf hingewiesen, daß der von Nord nach Süd gerichtete Ostabfall des chinesischen Gebirgslandes und das schroffe Ende des Kwenlun zwischen 113 und 114° östl. L. v. Gr., ferner nördlich des Hwangho der Ostabfall des Tafellandes von Schanje, dann der in einem nach Ost konvexen Bogen verlaufende große Chingan (der den Abfall des aufgebogenen Randes der mongolischen Hochflächen gegen die tiefer gelegene Mandschurei darstellt), daß alle diese Glieder sich in einer von SSW nach NNO gerichteten Linie aneinander reihen und als Teile eines einzigen Bruchzuges aufzufassen sein dürften. Seitdem haben sich unsere Kenntnisse jener Gegenden merklich vermehrt, und Prof. v. Richthofen findet sie ausreichend, um die Schlußfolgerung zu begründen, daß das östliche Asien vom Südrande von Yünnan bis zur Tschuktschenhalbinsel, also in einer Erstreckung von 44 Breitengraden, von zusammenhängenden, durch Richtung, Form und gleichsinnige Tektonik ähnlichen bogenförmigen Abfällen von Landstaffeln, welche sich zu einer einzigen, mehrfach gebrochenen Linie aneinanderschließen, durchzogen wird. Die morphologische Gleichsinnigkeit besteht darin, daß überall der östliche, gegen den Pazifischen Ozean gerichtete Erdrindenteil tiefer steht als der westliche, die tektonische darin, daß er in allen Fällen gegen diesen abgesunken ist. Die Bedeutung der Einzelbrüche wird bei einigen von ihnen durch das Vorhandensein gleichsinniger Parallelbrüche erhöht.

---

[1]) Vergl. Sitzungsber. der K. Preuß. Akad. d. W. 1900. p. 888 u. ff.; 1901. p. 782 u. ff.; 1902. p. 944 u. ff. Hieraus im Jahrbuche der Astronomie und Geophysik 11. p. 154; 12. p. 199.

Über das geologische Alter dieser tektonischen Bewegungen läßt sich, wie v. Richthofen hervorhebt, schwer urteilen, da Meeresablagerungen aus jüngerer Zeit als der Trias fehlen, indessen macht er auf die Bedeutung aufmerksam, welche die Landstaffeln für die Ströme haben. Wenn die jetzige Erosionsbasis an den meridionalen Bruchrändern einen Bestand auch nur durch die Dauer der Tertiärperiode gehabt hätte, so würden die Ströme ihre Betten rückwärts in den leicht zerstörbaren Schichtmassen stärker vertieft haben, als es ihnen tatsächlich gelungen ist. Da dies nicht geschehen, darf geschlossen werden, daß an den südlichen Meridionalbrüchen der Absenkungsbetrag sein gegenwärtiges Maß erst in später Zeit erreicht hat, und es fehlt nach v. Richthofen nicht an Tatsachen, welche darauf hindeuten, daß die Absenkung, wenigstens auf chinesischem Gebiete, an den Ostseiten der Landstaffel noch heute fortdauert.

Der Reihe bogenförmiger nach Südost konvexer Randzonen von Landstaffeln, welche das kontinentale Ostasien von der Tschuktschen Halbinsel bis in das nordwestliche Tongking durchziehen und entlang der ganzen Linie durch Absinken des östlich angrenzenden Erdrindenstückes charakterisiert sind, reiht v. Richthofen seewärts eine zweite Reihe homolog gestalteter Bogengebilde an, welche die ozeanische Grenze Ostasiens bilden. Die ostwärts benachbarten Teile des von ihr niedergebrochenen Erdrindenstückes liegen nach ihm im Boden des Meeres. »An der Stanowoiküste fallen beide Bogenreihen zusammen; denn das Meer reicht bis an die Absenkungsbrüche der binnenständigen Reihe hinan. Die die Festlandsgrenze bildenden randständigen Glieder der 2. Reihe beginnen am Kap St. Alexander, in 44° 15′ N, und endigen am Kap St. Jacques, in 10° 40′ N. Die aus dem Meere aufragenden Inselbogen gehören in die sich jenseits derselben untermmeerisch fortsetzende Gesamtanlage der ostasiatischen Absenkungen.

Nimmt man zum Anhalte der Betrachtung die auf den Landkarten dargestellte Küste, als eine den Abfall der einzelnen Staffeln umziehende Niveaulinie, so zeichnet sich in ihr auf das schärfste ebenso die allgemeine Gestalt, wie jede Einzelabweichung von ihr. Vier große Küstenbogen treten nun deutlich hervor: der tungusische, der koreanische, der chinesische, der annamitische. Der dritte und vierte sind völlig geschlossen; der erste hat eine kleine, durch örtlichen Einbruch zu erklärende Lücke; der dritte ist nur in einem Fragmente erhalten. Die lineare Gestalt jedes einzelnen dieser Küstenbogen nähert sich ungleich mehr der Kreisform, als dies bei den Binnenlandstaffeln der Fall ist.«

Es senkt sich also, sagt Prof. v. Richthofen, die Festlandsmasse des östlichen Asien in großen Staffeln herab. Zwei von diesen werden durch weitgedehnte, gegliederte, auf Bruchbildung beruhende Bogenlinien deutlich gezeichnet. Die gemeinsame Ursache der Erscheinung sucht er in der Kombination von 2 Systemen zerrender Kräfte,

von denen eines ostwärts, das andere südwärts gerichtet ist. Was das Motiv für die Erregung der ostwärts gerichteten Zerrung anbetrifft, so dürfte es nach v. Richthofen in der in langen Perioden fortschreitenden Vertiefung des Pazifischen Ozeanbeckens am Rande des Kontinentalmassivs genügend gegeben sein. »Zwischen dem Festlande, welches der Zerrung in der Form groß angelegter Staffelsenkung und reichlicher Öffnung von Ausflußkanälen für Tiefengesteine nachgegeben hat, und jenen Ozeantiefen liegt ein breiter Raum. In ihm ist gegen den Rand der Tiefe hin diejenige Zone zu suchen, wo durch Auswärtsdrängen des Kontinentalmassivs und dessen Überwallen über den dadurch passiv weiter gesenkten Ozeanboden der wachsende Massendeffekt des Festlandes durch wachsende Massenanhäufung im äußersten Randgebiete oder die räumliche Erweiterung dort, durch räumliches Zusammendrängen hier kompensiert wird, und wo mit großen Überschiebungen verbundene faltige Stauung erwartet werden darf. Die ostasiatischen Inselkränze erscheinen als die Krönung der durch solche überwallende Stauungen emporgewölbten äußersten Randgebiete der Kontinentalmassivs. Aber selbst sie tragen den Charakter der Innenseiten von Faltungsgebirgen; die gefalteten Außenzonen werden erst an den Abfällen gegen die ozeanischen Tiefen hin zu suchen sein. Die Existenz anderer, noch ferner liegender, nur in kleinen Inselspitzen aufragender, sonst noch unter der Meeresfläche verborgener Bogen, wie sie auf bathymetrischen Karten hervortreten, läßt darauf schließen, daß die gleiche Tendenz in diesem Teile der Erdrinde seit frühesten Zeiten wirksam gewesen ist.«

Für die Erklärung der äquatorwärts gerichteten Zerrung und Bewegung großer Erdrindenteile in Asien, vom Kwenlun-Tsinling an, liegt das gleiche Motiv nicht vor; v. Richthofen meint, »wenn auch mit Zagen«, auf Änderungen in der Geschwindigkeit der Erdrotation und dadurch bewirkte Massenumsetzungen hinweisen zu dürfen. Dieses ist aber wenig mehr als eine Verlegenheitserklärung, die der Geophysiker entschieden ablehnen muß.

Im Anschluß an seine Behandlung der »binnenständigen« und »küstenständigen« Bogengebilde des asiatischen Festlandes behandelt nun Prof. v. Richthofen in seiner neuesten Abhandlung die sich ihm seewärts anschließenden, durch ihre schön geschwungenen Formen und ihre Umspülung durch den Ozean noch weit auffälligern Inselbogen, welche sich von den Aleuten bis dicht an Formosa ohne Unterbrechung aneinanderreihen und, indem sie die relativ seichten Randmeere der Innenseite von sehr tiefen Meeresgründen an der Außenseite trennen, längst als der eigentliche Kontinentalrand Asiens, im Unterschiede vom Festlandsrande, erkannt worden sind. Sie endigen mit dem Riukiuinselbogen im Angesicht von Formosa, welches ihnen scheinbar fremdartig gegenüber steht.

»Eine andere, weit mehr zusammengesetze Reihe insularer Bogengebilde,« fährt Prof. v. Richthofen fort, »beginnt südöstlich

von Formosa und umfaßt ganz Indonesien. In breiter Anlage umzieht sie den südöstlichen Teil des asiatischen Festlandes, um ihr insulares Ende erst in der Bai von Bengalen, in der Fortsetzung der Linie der Nikobaren und Andamanen, zu erreichen und, wie Sueß vor Jahren gezeigt hat, hier wieder in den festländischen Bau einzugreifen, in dem sie noch weithin ihre Fortsetzung findet. Einige Züge in der Anordnung der einzelnen Bogengebilde liegen bei einem Blicke auf die Landkarte klar vor Augen, andere, wie der die Bandasee im Osten umfaßende Doppelbogen, sind erst durch die fortschreitende Forschung allmählich mit Sicherheit erschlossen worden; noch andere verbergen ihren Charakter so weit, daß sie verschiedenartigen Kombinationen Raum geben oder sich der Erklärung noch gänzlich entziehen. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Bogenlinien hat Koto auf einer Karte niederzulegen unternommen. Eine eingehendere, auf dem Studium der gesamten vorhandenen Literatur beruhende Übersicht derselben hat Sueß gegeben und in einer Kartenskizze anschaulich gemacht. Charakteristisch ist das virgationsartige Auseinandergehen verschiedener Linien vom nördlichen Luzon aus nach Süden und die Tatsache, daß alle Bogenlinien, ganz wie diejenigen im Norden von Formosa bis Alaska, ihre konkave Seite dem asiatischen Kontinent zuwenden. Die angegebene Anordnung ist jedoch im nördlichen Luzon nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen, und sie fehlt, wenn man von dessen Nordküste weiter nordwärts geht. Dort ziehen zwei benachbarte geradlinige Reihen von Inseln, eine längere östliche und eine kürzere westliche, meridional nach Norden; aber sie stellen eine Verbindung mit der 375 *km* entfernten Südspitze von Formosa nicht her. Diese liegt im Kap Garampi, in 120° 20′ O. Die östliche Inselreihe dagegen, welche die Babuyan- und Bataninselgruppen umfaßt, folgt genau dem Meridiane 121° 55′, und die parallel gerichtete Linie der andern liegt mit den Inseln Fuga und Calayan 50 *km* westlich; ihre nördliche Verlängerung trifft auf Gadd-Reef und Botel Tobago, 62 *km* östlich vom nächsten Punkte der Küste von Formosa. Man ist versucht, sie bis zur Insel Samasana zu verlängern.

Formosa nimmt daher eine unabhängige und eigentümliche Stellung ein. Es paßt nicht in das einfache System der schön geschwungenen nördlichen Bogenlinien hinein, wenn es auch vom Riukiubogen in die Flanke getroffen wird, und ein ersichtlicher Anschluß an das südliche Bogensystem ist überhaupt nicht zu bemerken. Die Insel erscheint wie ein neutrales Zwischenglied zwischen beiden Bogensystemen.«

Diese anscheinende Sonderstellung hat ihren bezeichnendsten Ausdruck in der aus den Untersuchungen der letzten Zeit hervorgegangenen Ansicht gefunden, daß die Gebirge von Formosa einen nach Osten konkaven Bogen bilden. Da diese Gestalt eine Anomalie in der Anlage aller morphologischen Linien Ostasiens bilden

würde, so hat Prof. v. Richthofen übernommen, die Grundlagen, auf welche die Ansicht sich stützt, zu prüfen und die Stellung der Insel überhaupt, soweit die Beobachtungen es gestatten, einer Untersuchung zu unterziehen. Die Aufgabe, sagt er, kann vollständig nur gelöst werden, wenn auch die benachbarten über die Meeresfläche aufragenden Landgebilde in die Betrachtung einbezogen werden. Leider ist dies betreffs der Insel Luzon nicht ausführbar, da die Lückenhaftigkeit der Beobachtungen einen Einblick in ihren Bau nicht gestattet. Um so reichhaltiger ist das Material, welches über die Riukiuinseln vorliegt.

Schon 1880 hat Dr. L. Döderlein erwähnt, daß die nördlichen Inseln in eine innere vulkanische und eine äußere nichtvulkanische Reihe geteilt werden können. Diese Anschauung hat sich in der Folge als richtig bewährt, und wenige Jahre nachher vermochte Eduard Sueß den doppeltgereihten Riukiubogen mit den Bogengebilden der kleinen Antillen, der Nikobar-Andamaninseln und der Bandainseln zu vergleichen, sowie die Analogie mit der Anordnung in den Karpathen hervorzuheben.

Prof. v. Richthofen findet, daß wir in dem äußern Riukiuinselbogen ein anderes Gebilde vor uns haben, als die früher im Innern und am Rande des asiatischen Kontinents betrachteten. »Der streng zonale Bau in dem Hauptteile des Bogens, die streifenförmige Anordnung der einzelnen daselbst sichtbaren Formationen, die Konformität ihres Schichtenstreichens mit dem Streichen der äußerlich sichtbaren Zone, das konstante Einfallen der Schichtgebilde nach der Innenseite hin — alles dies erweist klar, daß hier in der Tat ein bogenförmiges Gebirge mit allen Merkmalen tangentialer Schiebungen nach außen vorliegt. Ob Faltenbau oder schuppenartiges Überschieben älterer Gebilde über jüngern vorhanden ist, hat durch die Beobachtungen nicht festgestellt werden können. Das gleichförmige Einfallen auf Okinawa macht letzteres wahrscheinlicher.« — Eine Reihe jungvulkanischer Inseln, welche den betrachteten Bogen auf der Rückseite begleiten, beginnt in geringer Entfernung (40 *km*) von dem zur Linken des Einganges in die Bucht von Kagoschima aufragenden Pfeiler des Kaimon-dake, mit den zwei kleinen Inseln Taki-schima und Iwo-ga-schima, deren letztere sich im Solfatarenzustand befindet. Wie Glieder einer Perlenschnur sind sie von hier aus, mit flachbogiger Krümmung, in einer Länge von 240 *km* aneinandergereiht. Die ersten liegen im Rücken der Osumi-Gruppe, die nächsten hinter der Lücke zwischen dieser und Oschima; sie werden als Tokaragruppe bezeichnet. Wo jedoch die Außenreihe ihre bedeutendste Entwicklung hat, ist das Vorhandensein der Vulkanreihe nur durch eine einzige Insel (Tori-schima) angedeutet, und im Rücken des kleinen Inselschwarmes am Südostende von Okinawa treten noch einmal 2 Vulkaninseln auf. Aber so vereinzelt zuletzt das Auftreten wird, und so sehr die Abstände wachsen, liegen doch bis hierher alle Inseln

in einer kontinuierlichen, flach bogenförmigen Zone, deren Abstand vom sichtbaren Außenrande der paläozoischen Zone südwärts allmählich ein wenig zunimmt. Die Fortsetzung des innern Vulkanbogens sucht v. Richthofen in den Agincourtinseln.

Bezüglich des Verhältnisses des Riukiubogens zum südlichen Kiuschiu, also zur japanischen Inselreihe, schließt Prof. v. Richthofen u. a. folgendes:

»In der nördlichen Verlängerung der Riukiuvulkanlinie griffen die ihrer Entstehung zugrunde liegenden oder sie begleitenden tektonischen Vorgänge in das in schiefem Winkel zu ihr gestellte paläozoische Gebirgsgerüst des südlichen Kiuschiu in solcher Weise ein, daß sich der von der Verlängerung betroffene mittlere Teil hinabsenkte, während die östlich und westlich daran grenzenden Teile als Horste sehen blieben und ihre innere Struktur behielten.

Die Entstehung der langgedehnten, in der Nordhälfte durch vulkanische Massen, in der Südhälfte durch die Bai von Kagoschima ausgefüllten Einsenkung erscheint nicht sowohl als das Werk eines einheitlichen Vorganges als vielmehr einer Anzahl von Einzelsenkungen.

Ein Merkmal früher, mit diesen Senkungen verbundener eruptiver Ereignisse ist der Nagasakawall, welcher einen Teil der Umrandung eines vulkanischen Einbruchskessels bildet und als Fragment einer ausgedehntern, aus augit-andesitischen Ausbruchsgesteinen aufgebauten Region stehen geblieben ist.

Die nächste Reihe von Ereignissen gibt sich in lange fortgesetzten Ausbrüchen saurer Gesteine an einem etwas weiter südlich, vielleicht in der Nähe der jetzigen Kirischima gelegenen Orte zu erkennen. Schon zu dieser Zeit geschah die Kesselsenkung, von der der Nagasakazug ein somma-artiger Zeuge ist. Die Ausbrüche lieferten die ungeheuren Massen von Bimsstein, mit denen das Land weithin überschüttet wurde. Neben den explosiven Ausbrüchen, welche mit denen des Krakatau zu vergleichen sein dürften, diese aber in Größe weit hinter sich zurücklassen, fand auch ein Ausströmen von rhyolithischen und trachytischen Laven statt. Die Ausbruchsperioden waren durch solche der Ruhe getrennt, in denen die erodierenden Kräfte zu äußerer Umgestaltung Zeit hatten, wie aus der großen Unebenheit einzelner Auflagerungsflächen zu ersehen ist. Wahrscheinlich hatte, wie beim Krakatau, das Meer unmittelbar Zugang zu den Ausbruchsstellen. Die Bimssteinablagerungen dachten sich von einer Gegend jenseits der Nordseite der jetzigen Bai südwärts ab gegen Kagoschima und weiterhin, ostwärts gegen die jetzige Westküste des von ihnen weithin bedeckten Kagoschimaflügels. Im Norden überschütteten die Bimssteintuffe wahrscheinlich das dort vorhandene Bergland, wurden aber nachher durch atmosphärische Gewässer von ihnen abgeräumt und nordwärts im Schutte wieder abgelagert.

Unter den nachfolgenden Ereignissen lassen sich zwei der Zeit nach noch nicht trennen. Eines von ihnen ist die Eröffnung der Ausbruchstätigkeit der Kirischimavulkane, das andere der von NNO nach SSW gestreckte große Einbruch im peripherischen Teile des Bimssteinschuttkegels, aus welchem der Sakuraschimavulkan sich erhob. Das Ausbruchsmaterial beider Vulkane ist Augit-Andesit.

Wenn die vulkanische Innenzone des Riukiubogens weit hinein in Kiuschiu fortsetzt und als eine mit Vulkanen besetzte Rinne in dessen Gebirgsland einschneidet, so erreicht doch die Außenzone der Inseln ihr Ende, ehe sie an Kiuschiu herantritt; denn es wechseln völlig die Richtungen von Streichen und Fallen des paläozoischen Schichtenbaues.«

Was das Verhältnis des Riukiubogens zu Formosa anbetrifft, so sind folgendes die Schlußfolgerungen, zu denen Prof. v. Richthofen gelangt.

»Der Grundbau von Formosa erscheint nach den vorliegenden Beobachtungen als aus 2 Teilen bestehend, nämlich a) dem in seiner Gesamtheit, in seinen einzelnen Gebirgsgliedern und im innern Schichtenbaue (aber nicht in der Wasserscheidelinie) nach der Richtung NNO bis SSW streichenden Taiwangebirge, welches der Hauptsache nach aus einem mächtigen Systeme für archäisch gehaltener kristallinischer Schiefer und einem als paläozoisch geltenden, wesentlich aus Tonschiefer bestehenden Schichtenkomplexe aufgebaut ist; b) einem von Kap Dom-kaku am Setsu vorüber gegen den Kali-san hin, in der Richtung OW streichenden Gebirge, in welchem Gesteine der paläozoischen Chichibuschichten erkannt worden sind.

Das Taiwangebirge verschwindet im südlichen Formosa; Anzeichen einer Fortsetzung nach Süden sind nicht zu erkennen. Das Gebirge ist aber in seiner Massenentwicklung so bedeutend, daß es als das isoliert stehengebliebene Fragment eines sehr viel größern bogenförmigen Faltungsgebirges angesehen werden muß, welches, allen andern Bogengebilden Ostasiens analog, seine Außenseite dem Pazifischen Ozeane zuwandte.

Der vulkanische Innenbogen der Riukiuinseln setzt westwärts im Rücken des Dom-kakuzuges fort, wo ihm die Agincourtinselgruppe und die Vulkangruppe im Westen von Kilung angehören. — Im Rücken des Taiwangebirges befinden sich von vulkanischen Gebilden nur die Pescadoresinseln, deren größere Achse ebenfalls nach NNO gerichtet ist.

Der Riukiubogen und das im Taiwangebirge vorhandene Bogenfragment haben die gemeinsame Eigenschaft, daß ihnen auf der Außenseite eine von tertiären Sedimenten aufgebaute Zone vorliegt. Bei beiden befindet sich also der Grundbau an der Vorderseite in relativ bedeutender Tiefe. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob Flächen mariner Abrasion vorliegen, auf welchen die von den beiden

Gebirgen herabgeschwemmten Trümmermassen bei allmählicher Senkung sich ablagerten, oder ob ein Absenken an Brüchen geschah. Für Formosa ist letzteres wahrscheinlicher, weil vulkanische Gebilde im Taitogebirge auftreten; bei dem Riukiubogen sind solche nur in dem alten Vulkane Nosoko auf der Insel Ischigaki vorhanden.

Die spätern Niveauverschiebungen sind bei beiden Bogen annähernd gleichsinnig gewesen. Die Tertiärgebilde müssen mindestens zu ihrer gegenwärtigen Meereshöhe aufgeragt haben und durch Erosion eine der jetzigen annähernd entsprechende Gestalt erhalten haben, als die Korallen bei nachfolgender Senkung die Riffe bauten, welche dann durch abermalige vertikale Verschiebung freigelegt wurden.

Der Riukiubogen und das Taiwanbogenfragment unterscheiden sich von den festländischen Bogengebilden durch die Konkordanz von innerem Bau und Absenkungslinien in den der meridionalen Komponente entsprechenden Teilen. Sie erscheinen daher, ebenso wie der japanische Bogen, als Gebirge, bei denen die äußere Gestalt mit dem faltigen Zusammendrängen von innen nach außen in ursächlicher Beziehung steht, während dort in der Regel nur mehr oder weniger bogenförmige, zu den Streichrichtungen des innern Baues diskordante Zerrungsbrüche als bestimmend erkannt wurden.

Die Erscheinung, daß Struktur und tektonische Linien des südlichen Kiuschiu ohne jeglichen Einfluß auf die Gestaltung des Riukiubogens waren, dagegen die nachträglichen Dislokationsvorgänge in dessen nördlichem Teile auf die äußere Ausgestaltung des südlichen Kiuschiu erheblich eingewirkt haben, findet ihre Analogie in dem Verhältnisse des Riukiubogens zu Formosa. Denn im Taiwangebirge lassen sich keine Spuren morphologischer Beeinflussung durch die den tektonischen Linien des erstern zugrunde liegenden Vorgänge erkennen; dagegen haben die Dislokationen, welche die Endgestalt des Taiwangebirges herbeiführten, auch den Riukiubogen zerstückt, das Dom-kakugebirgsstück auf Formosa von ihm abgetrennt und wahrscheinlich jene Störungen veranlaßt, welche nur in der Formosa benachbarten Sakischimagruppe des Riukiubogens auftreten.

Es mehren sich somit die Tatsachen, welche für eine Reihe der verschiedenartigsten Bogengebilde Ostasiens nördlich vom 22. Breitengrade (also mit Anschluß des Annamitischen Bogens) die Schlußfolgerung gestatten, daß der normale Bau der der äquatorialen Komponente zugehörigen Teile jedes einzelnen Bogens früher fertig gebildet war, als die in der meridionalen Komponente gelegenen; und daß nach dem bogenförmigen Zusammenschlusse beider diejenigen tektonischen Vorgänge, welche dem meridionalen Schenkel durch nachträgliche Längsabsenkungen und disruptive Längsbrüche die normale Gestalt gaben, in den äquatorialen Schenkel des zunächst nördlich angrenzenden Bogens umgestaltend eingriffen, hier aber, als abnorm verlaufende Dislokationen, abnorme Quergliederungen und transversale Zerstücklung herbeiführten.«

Boden- und Erdtemperatur.

Über die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe verbreitete sich J. F. Hoffmann.[1]) Zunächst behandelt er die Selbsterwärmung organischer Massen, dann die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe durch unorganische und hierauf durch organische Sedimente. Er findet, daß Sedimente anorganischer Natur, die nicht mehr genügend Wärme anzustauen vermochten, die nicht mehr imstande waren, wesentliche Umwälzungen in der Erdrinde hervorzurufen, wie in frühern Zeiten, als die Erde noch weniger abgekühlt war, hierzu wieder befähigt wurden durch die Gegenwart der organischen Substanz, welche zwischen ihnen eingeschwemmt lag. Je reichlicher diese vorhanden war, desto stärker konnte die Einwirkung der Selbsterwärmung sich geltend machen. Wie die massenhafte Anhäufung der Petrefakten an vielen Stellen der Erde lehrt, haben die pflanzlichen und tierischen Lebewesen und damit auch ihre abgestorbenen Überreste zu manchen Zeiten eine ungewöhnliche Verbreitung und Anhäufung erfahren. Unter solchen Umständen konnten hochgradige Selbsterwärmungen auch in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche stattfinden.

Erdmagnetismus.

Einen Atlas des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1700, 1780, 1842 und 1915 hat Dr. H. Fritsche hergestellt,[2]) nach den von ihm mit Hilfe der Gaussschen Theorie berechneten Elementen. Der um die Erforschung des Erdmagnetismus hochverdiente Verfasser hat diese langwierige Arbeit nicht gescheut, weil die bisher publizierten Karten der Epochen 1600, 1700, 1780 und 1842 — z. B. die Karten Hansteens, von Bemmelens, Sabines u. a. — unvollständig und häufig unrichtig sind, indem sie ohne Hilfe der Theorie auf Grund oft sehr spärlicher, ungenauer Beobachtungen entworfen wurden.

Für jede der 5 Epochen 1600, 1700, 1780, 1842 und 1915 hat Fritsche 3 Weltkarten mit Merkatornetz zwischen den Breiten $+80$ und -80^0 gezeichnet, von denen eine die Isogonen von 5 zu 5 Grad[3]), die zweite die Isoclinen von 5 zu 5 Grad und die dritte die Linien gleicher Horizontalintensität von 0,2 zu 0,2 Gaußscher Einheiten (Milligramm, Millimeter) enthält.

Dazu war es notwendig, die früher von ihm gegebenen Tafeln für die Deklination, Inklination und Horizontalintensität durch Interpolation in die Mitte zu erweitern. Die Resultate dieser Rechnungen sind in 30 Tafeln zusammengestellt.

---

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 5. p. 667.

[2]) Riga, Druck der Müllerschen Buchdruckerei 1903.

[3]) An manchen Stellen, wo es nötig schien, auch von Grad zu Grad oder von 2 zu 2 Grad etc.

Die tägliche Periode oder die während eines Sonnentages erfolgenden Veränderungen in der Richtung und Stärke der Magnetkraft der Erde hat Fritsche auf Grund stündlicher, Tag und Nacht angestellter Beobachtungen an 27 Orten, welche über die ganze Erde vom 80. Grad nördl. Breite bis zum 56. Grad südl. Breite verteilt sind, ermittelt. Die innern und ebenso auch die äußern Kräfte, welche die tägliche Periode verursachen, lassen sich als aus 3 Teilen bestehend betrachten: aus einem während des Sonnentages konstanten, aus einem während dieser Zeit gesetzmäßig variierenden und drittens aus einem lokalen Teile, der für jeden Ort besondere Werte annimmt.

Die stündlichen Beobachtungen der 27 Orte wurden in Mittel von 6 Gruppen (je 3—6 Orte in einer Gruppe) zusammengezogen, in denen daher der lokale Teil der wirkenden Kräfte möglichst eliminiert war, sodann mit Hilfe dieser 6 Gruppen und der Gauss'schen Theorie die konstanten Kräfte berechnet und schließlich durch Abzug des konstanten Teiles der Kräfte von den 6 (beobachteten) Gruppen der variierende erhalten. Der konstante, äußere, von der Atmosphäre ausgehende Teil ist ein wenig größer als der innere, von der festen Erdrinde bewirkte. Was die Summe der innern und äußern Kräfte der täglichen Periode anbetrifft, so sind in der nördlichen Polarzone (Breite von $+90$ bis $+63^0$) die variierenden Kräfte durchschnittlich sechsmal so groß als die konstanten; und endlich in der Zone, welche zu beiden Seiten des Äquators von den Parallelen $+60$ und -60^0 begrenzt wird, sind die variierenden Kräfte den konstanten an Größe nahezu gleich.

Dr. Fritsche verbreitet sich eingehend über seine Rechnungsmethode und zeigt des Nähern, daß verschiedene Einwürfe die derselben gemacht worden sind, auf Irrtum beruhen. Den hin und wieder auftauchenden Klagen über die Umständlichkeit der Rechnungen, welche die Anwendung der Gaussschen Theorie erfordert, stimmt er nicht bei, sondern bemerkt, diese Klagen rührten meist von Leuten her, welche nie astronomische Rechnungen ausgeführt haben.

Ferner bemerkt Fritsche, daß zur Bestimmung der Position der magnetischen Erdpole die Gausssche Theorie sich viel besser eigne, als die direkte durch magnetische Beobachtungen in ihrer Nähe, weil die Theorie alle brauchbaren, auf der ganzen Erde gemachten Messungen benutzt, und das Problem dadurch ein bestimmtes wird, indem die nach der Theorie berechneten, auf der Erdoberfläche liegenden Linien, auf welchen die nördlichen und westlichen horizontalen Komponenten X und Y der Erdkraft gleich Null sind, sich in einem bestimmten Punkte, dem gesuchten Pole, schneiden, während es bei der direkten Aufsuchung durch Beobachter an Unbestimmtheit leidet, da die Inklination i im Pole ein Maximum erreicht und dort auf einer großen Fläche von ca. 25000 *qkm* zwischen etwa $89^1/_2$ und 90^0 unregelmäßig hin und her schwankt, indem die überall auf der Erdoberfläche vorkommende Anomalie der Inklination von einem Orte zum benachbarten in der Polarregion ca. $^1/_2{}^0$ beträgt. »Auf einem so ausgedehnten, den wahren magnetischen Pol einschließenden Raume müßten an einer beträchtlichen Anzahl (etwa 50 oder mehr) verschiedener, möglichst äquidistanter

Punkte sorgfältige Inklinationsmessungen angestellt und sowohl die dortigen großen gesetzlichen täglichen Variationen als auch die unregelmäßigen Schwankungen durch Variationsbeobachtungen an einer Zentralstation in der Nähe des magnetischen Poles eliminiert werden, um den Ort des letztern exakt zu bestimmen. Man würde dann sicher nicht an einem, sondern an vielen Punkten der großen Fläche von ca. 25000 *qkm* die Inklination 90° erhalten, so daß man nicht wüßte, wo sich der wahre Ort des Poles befände. Die von Ross im Jahre 1831 zur Feststellung der Lage des magnetischen Nordpoles gemachten Messungen gehören nur vier verschiedenen Punkten an, welche im SW, SE und E vom vermeintlichen Pole — dem 5. Beobachtungsorte Ross' — 100—150 *km* entfernt lagen. Im Westen, Nordwesten, Norden und Nordosten von seinem Pole hat Ross gar nicht beobachtet, so daß seine Bestimmung des magnetischen Nordpoles unbrauchbar ist. Ebenso wird auch die Polarreise des Kapitän Amundson, welcher im Frühlinge dieses Jahres (1903) zur Auffindung des magnetischen Nordpoles ausgefahren ist, kein exaktes Resultat ergeben, wenn er nicht viel mehr Beobachtungen an passend gewählten Orten als Ross erlangt. Die Berücksichtigung der magnetischen Deklination in der Nähe des Poles wird hieran nichts ändern, weil die horizontale Kraft der Erde dort nahezu gleich Null ist. Ebenso werden uns auch die Südpolfahrten schwerlich direkte sichere Auskunft über die Lage des magnetischen Südpoles geben können. Nach der jetzt gültigen Definition ist der magnetische Pol der Erde ein Punkt ihrer Oberfläche, in welchem die Inklination = 90°. Der Korrektheit wegen müßte hinzugefügt werden, daß unter der Inklination 90° die ungestörte, normale, durch die ganze Erde aus der Ferne am Polorte hervorgebrachte zu verstehen ist, welche nur durch die Theorie bestimmt werden kann. Es sind von verschiedenen Gelehrten — z. B. Tillo, Bezold etc. — vergebliche Versuche gemacht, festzustellen, was der normale Erdmagnetismus sei, welches seine sogenannten normalen Elemente seien, wie die einfachste Magnetisierung der Erde beschaffen sein müßte. damit man, von ihr ausgehend, die wirklichen Erscheinungen darstellen und sich so eine Art von Surrogat der Gaussschen Theorie, deren Reihen aus vielen Gliedern bestehen, verschaffen könnte. Man ist aber dadurch der Lösung des Problems nicht näher gekommen, weil es unendlich viele verschiedene Arten (Typen) der möglichen Magnetisierung der Erde gibt — von denen man z. B. mittels des Gaussschen Potentialausdruckes, welcher eine Funktion von gh, der Länge λ und Breite φ ist, so viele finden kann, als beliebt, indem man über die Werte gh, λ, φ beliebige Annahmen macht —, und weil die Erde wegen ihrer komplizierten Zusammensetzung nicht einfach magnetisiert sein kann. Die normalen magnetischen Elemente der Erde sind die wirklichen, durch die Gausssche Theorie ermittelten, welche, von in der Nähe des Beobachtungsortes befindlichen Ursachen ungestört, das Resultat der Fernwirkungen der ganzen Erde sind und sich von Ort zu Ort kontinuierlich, gesetzlich ändern.«

Den Versuch van Bemmelens, die Bewegung der magnetischen Erdpole mit der der magnetischen Achse in Beziehung zu setzen, bezeichnet Fritsche als verfehlt, weil die Lage der Pole von 46 Koeffizienten der Theorie, die der magnetischen Achse aber nur von dreien abhängt. Ferner sei die neuerdings von van Bemmelen zur Bestimmung der Position des magnetischen Nordpoles angewandte Methode, welche Halley schon 1683 gebrauchte, veraltet und beruhe auf dem falschen Satze, daß die magnetischen Meridiane im magnetischen Pole konvergieren. So z. B. erhalte man mittels der agonischen Linie, welche südöstlich vom magnetischen Nordpole liegt, offenbar nicht den magnetischen, sondern den astronomischen Nordpol.

Die Arbeit von Dr. Fritsche ist eine überaus verdienstvolle und der von ihm gezeichnete Atlas des Erdmagnetismus eine der bedeutendsten Bereicherungen unseres Wissens über die Verteilung der erdmagnetischen Kräfte in verschiedenen Perioden. Als Probe folgt auf Tafel IV eine verkleinerte Reproduktion der Karte der Linien gleicher magnetischer Deklination für 1915.

Die Bedeutung der magnetischen Vermessung eines ganzen Parallelkreises zur Prüfung der Grundlagen der Gaussschen Theorie des Erdmagnetismus ist von W. v. Bezold und A. Schmidt ausführlich dargelegt worden.[1]) »Die von Gauss entwickelte Theorie des Erdmagnetismus, so führen beide Forscher aus, die für alle Forschungen auf diesem Gebiete die Grundlage bildet und für alle Zeiten bilden wird, beruht auf der Voraussetzung, daß das erdmagnetische Feld ein Potential besitze. Die unter dieser Voraussetzung gezogenen Folgerungen haben sich in weitgehendem Maße als richtig erwiesen. Sie gestatten, aus den Beobachtungen, die doch nur einen mäßigen Teil der Erdoberfläche umfassen, den Verlauf der magnetischen Kräfte nach Größe und Richtung für die ganze Erdoberfläche und den sie zunächst umschließenden Raum mit einer ziemlich weitgehenden Genauigkeit zu berechnen. Diese Methode der Berechnung besitzt auch eine hohe praktische Bedeutung, da die für die Seeschiffahrt unerläßlich notwendigen Karten wegen der stetigen Änderung in der Verteilung der erdmagnetischen Kräfte immer wieder neu aufgelegt werden müssen, und da man sich dabei stets auf die von verhältnismäßig wenigen ständigen Observatorien gewonnenen Beobachtungen stützen muß.

Wenn aber auch die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung eine ziemlich weitgehende ist, so kann sie doch keineswegs als vollkommen bezeichnet werden. Es ist demnach noch eine offene Frage, ob nicht neben dem erdmagnetischen Felde, das ein Potential besitzt, noch ein zweites, wenn auch viel schwächeres, vorhanden ist, das diese Bedingung nicht erfüllt.

Das erstere Feld kann man sich hervorgebracht denken durch geschlossene galvanische Ströme, die zum weitaus größten Teile ganz in oder unterhalb der Erdoberfläche verlaufen, zum kleinern Teile ganz außerhalb derselben, bezw. in der Atmosphäre. Kommen neben diesen Strömen noch solche vor, welche die Erdoberfläche durchsetzen, so besitzen die von ihnen herrührenden magnetischen Kräfte kein Potential, und dann ist die Grundvoraussetzung der Gaussschen Theorie nicht mehr streng richtig. Diese Frage ließe sich mit Sicherheit entscheiden, wenn genügendes Beobachtungsmaterial vorläge.«

Dieses können nur Messungen beschaffen, die nicht nur an sich möglichst genau, sondern auch zweckmäßig verteilt und nahezu gleichzeitig ausgeführt sind. »Um bei einem so großen Unternehmen innerhalb der Grenzen des Erreichbaren zu bleiben, wird man sich im wesentlichen auf solche Beobachtungen beschränken müssen, die zur Herbeiführung einer sichern Entscheidung unbedingt nötig sind, d. h. auf Deklination und Horizontalintensität. Das schließt nicht aus, daß es sich empfehlen dürfte, einige an sich wertvolle Arbeiten, die bei Gelegenheit dieser Beobachtungen ohne Mehraufwand an Zeit

[1]) Sitzungsber. der K. Preuß. Akad. d. W. 1903. p. 670.

und Kosten erledigt werden könnten, mit in das Programm aufzunehmen. So wird man z. B., wenn irgend möglich, auch die Bestimmung der Inklination, bezw. Vertikalintensität nicht unterlassen, obgleich für die vorliegende spezielle Frage nur die horizontale Kraft nach Richtung und Größe in Betracht kommt. Von diesen Gesichtspunkten aus ergibt sich leicht der allgemeine Plan des empfohlenen Unternehmens: es sind möglichst scharfe Bestimmungen der Deklination und der Horizontalintensität an hinreichend zahlreichen, annähernd gleichmäßig verteilten Punkten einer Linie vorzunehmen, die einen recht großen Flächenraum umschließt. Dabei ist sowohl darauf zu achten, daß eine im einzelnen recht genaue Ermittlung der magnetischen Elemente möglich ist, als auch darauf, daß der gewählte Linienzug von vornherein ein entscheidendes Resultat erwarten läßt. In beiden Beziehungen erscheint eine Linie, die etwa längs des Parallelkreises von 50° n. Br. verläuft, besonders gut geeignet, und es ist ein günstiger Umstand, daß gerade diese Linie auch in praktischer Hinsicht wohl die zweckmäßigste ist. Verläuft sie doch zum weitaus überwiegenden Teile über Festland und durch bequem zugängliche Gebiete. Was zunächst die genaue Ermittlung der magnetischen Elemente betrifft, so ist diese natürlich zu Lande in höherem Grade möglich als auf dem Meere. Läßt sich also aus andern Gründen kein ganz auf dem Kontinente verlaufender Weg wählen, so ist die genannte Linie, die in mittlern Breiten verhältnismäßig am meisten über Land zieht, zur Ableitung eines möglichst sichern Wertes besonders geeignet. Weiter nördlich, zwischen 60 und 70° n. Br., ist allerdings das Verhältnis zwischen den kontinentalen und den ozeanischen Abschnitten des Parallels noch günstiger, indem nicht viel mehr als $^1/_4$ des ganzen Kreises auf dem Meere verläuft. Aber einerseits werden die Messungen wegen der Störungen in höhern Breiten immer unsicherer, und anderseits sind die äußern Bedingungen auf einem so hoch im Norden gelegenen, vielfach schon durch unwirtliche Gegenden ziehenden Kreise weniger befriedigend. Dazu kommt noch, daß das gesuchte Ergebnis um so sicherer erhalten wird, je größer der umschlossene Flächenraum ist, ein Umstand, der es zweckmäßig erscheinen läßt, dem Äquator so nahe zu bleiben, wie es andere Rücksichten irgend zulassen. Von wesentlicher Bedeutung ist es weiterhin, daß die Messungen möglichst genau auf einen bestimmten Zustand des erdmagnetischen Feldes reduziert, d. h. also vor allem von dem Einflusse der Störungen, der täglichen Schwankung und der Säkularänderung befreit werden können. Zu diesem Zwecke ist es wünschenswert, daß längs des gewählten Linienzuges eine größere Anzahl gut verteilter magnetischer Observatorien liegen. Das ist nun bei der genannten Linie, die durch die Hauptkulturgebiete der Erde führt, mehr als bei jeder andern der Fall, und es wird sich vielleicht empfehlen, gerade bei der endgültigen Festsetzung derselben auf diesen Umstand besondere Rücksicht zu nehmen. Freilich

wird es mindestens sehr wünschenswert, wenn nicht unerläßlich sein, daß für die Dauer der Vermessung noch an 2 oder 3 Stellen, besonders nahe der Ostküste von Asien und nahe der Westküste Nordamerikas, Observatorien in Betrieb gehalten werden.«

Die Verf. bezeichnen auf einer Erdkarte genauer den Weg, längs dessen in Abständen von 60—80 *km* genaue Messungen auszuführen.

»Im südlichen England und nördlichen Frankreich beginnend, müßte man durch Norddeutschland nach Rußland weitergehen, so daß Moskau etwas südlich liegen bleibe. Bei dieser Linie könnten alsdann die Observatorien von Kew, Greenwich, Paris, Utrecht, Wilhelmshaven, Potsdam, in gewissem Sinne auch Pawlowsk bei St. Petersburg, und endlich Moskau als Stützpunkte dienen, während das außerordentlich stark gestörte Gebiet im Süden dieser Stadt vermieden würde.

Von dem nördlich von Moskau gelegenen Punkte ginge es dann nach Osten und Ostsüdosten südlich von Katharinenburg weiter, um etwa bei Omsk die transsibirische Eisenbahn zu erreichen, und dann über Irkutzk nach der Küste des Großen Ozeans. Man könnte sich hierbei auf die Mitwirkung der beiden schon längst bestehenden Observatorien in Katharinenburg und Irkutzk stützen, während an der Ostküste Asiens, etwa in Wladiwostok, ein neues, wenn auch nur temporäres Observatorium zu errichten wäre.

In Amerika kämen 2 Linien in Betracht: die eine längs der kanadischen, die andere längs der nördlichen Pazifikbahn in den Vereinigten Staaten. Es dürfte sich empfehlen, beide Wege einzuschlagen, um dadurch einen kleinen ausschließlich auf dem Festlande verlaufenden Polygonschluß zu gewinnen, der gerade dort von besonderer Bedeutung wäre, da nach der oben angeführten Untersuchung in dieser Gegend die stärksten vertikalen Ströme zu erwarten wären. Die in Amerika in Betracht kommenden Observatorien von Washington und Toronto bedürften allerdings noch einer Ergänzung in der Nähe der Westküste. Der Verlauf der Linie über die Meere hin ist natürlich durch die Endpunkte der Landstrecken bestimmt.«

Die Lehre von dem Wesen und Wandern der magnetischen Pole der Erde in ihrer historischen Entwicklung ist von Dr. E. H. Schütz in einem größern Werke kritisch dargestellt worden.[1] Dr. H. Maurer[2] gibt eine kurze Analyse des Inhaltes desselben, der das Folgende entnommen wurde.

Aus der Definition eines magnetischen Erdpoles als Berührungspunkt einer Potentialfläche und der Erdoberfläche wird dargetan, daß in ihm die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus verschwindet,

[1] Berlin 1902. Verlag von G. Reimer.
[2] Ann. d. Hydrographie 1903. p. 62.

alle magnetischen Meridiane und alle Isogonen sich schneiden und die Inklinationsnadel senkrecht steht. Nach diesen Eigenschaften ist die geographische Bedeutung der Pole zu würdigen; man darf ihnen aber nicht zu viel Wichtigkeit zuerkennen, wozu die sonstige Bedeutung des Wortes »Magnetpol« als eines Punktes, in dem man sich den Sitz der Gesamtkraft denken darf, verleiten kann. Mit Recht weist der Verfasser darauf hin, daß die gebräuchliche Mercatorprojektion nicht imstande ist, ein anschauliches Bild von der Verteilung der magnetischen Eigenschaften über die Erdoberfläche zu geben, was auch für alle Isogonenkarten überhaupt gilt. Da auf diesen nur der Winkel zwischen dem magnetischen und astronomischen Meridiane zur Darstellung kommt, spielen auf ihnen die astronomischen Erdpole genau dieselbe Rolle wie die magnetischen, während sie gar kein magnetisches Interesse haben. Dem Werte der Isogonenkarten als graphischer Tabellen und für das Erkennen magnetischer Störungen wird Verfasser gerecht. Wohl nicht ganz zutreffend hält er die magnetischen Meridiane für weniger natürliche Linien als ihre rechtwinkeligen Trajektorien, die Äquipotentiallinien. Beide liefern bezüglich der magnetischen Gesamtkraft in gleicher Weise die Vertikalebene, in die sie fällt. Dagegen erkennt er den Wert der magnetischen Meridiane an, indem er ihre Einzeichnung in Karten orthographischer Projektion empfiehlt und die Definition der magnetischen Pole, als der Schnittpunkte der magnetischen Meridiane, als zulässig bezeichnet, wie sie denn auch van Bemmelen auf das glücklichste zur Konstruktion der Pole benutzt hat. Die Erfahrung hat nur zwei magnetische Erdpole ergeben. Sie können bestimmt werden: 1. durch Beobachtung an Ort und Stelle; 2. durch Interpolation aus Beobachtungen in ihrer Nähe; 3. durch Berechnung aus polfernen Beobtungen. Alle 3 Methoden sind zur Anwendung gekommen.

Aus der geschichtlichen Darstellung, die von 1190 bis auf unsere Zeit reicht, sei folgendes erwähnt:: 1492 findet Columbus die räumliche, 1635 Gellibrand die zeitliche Veränderlichkeit der Deklination. 1546 definiert Mercator den Pol als Schnittpunkt der magnetischen Meridiane (eine Karte Mercators mit Angaben des magnetischen Poles im Norden wird von Dr. Schütz reproduziert). 1581 verlegt Normann den Sitz der erdmagnetischen Kraft ins Erdinnere und betrachtet die Pole lediglich als Treffpunkte der magnetischen Meridiane. Bond, 1668 und 1672, nimmt zwei magnetische Pole und eine gegen die Erdachse geneigte magnetische Achse an. 1683 gibt Halley 4 Pole an, davon zwei fest in der Erdrinde, zwei auf einem getrennt von der Rinde rotierenden Nukleus. Euler 1756 definiert die Pole als Punkte, in denen die magnetische Totalkraft vertikal ist; er berechnet die magnetische Verteilung unter Annahme eines exzentrisch in der Erde gelegenen Magneten. Hansteen (1819) kehrt zu 4 Polen zurück, die er mit verschiedener Geschwindigkeit umlaufend annimmt, so daß nach 25 800 Jahren immer dieselbe

Konstellation wiederkehrt. Am 1. Juni 1831 erreicht J. Ross den arktischen Magnetpol. Auch für den Süden wird die Existenz nur eines Magnetpoles wahrscheinlich. Die Gaussschen Berechnungen nach je 12 Stationen auf 7 Breitekreisen ergeben ebenfalls nur 2 Pole, deren Bedeutung durch die Gaussschen Arbeiten selbst, wie durch Ampères Theorie stark geschwächt erscheint. Die magnetische Achse nach Gauss als die Richtung, in der die Erde ihr maximales Moment hat, fällt nicht mit der Verbindungslinie der Pole zusammen. Sind kosmische Kräfte die Ursache der Säkularänderungen des Erdmagnetismus, so ist die größere Wichtigkeit der magnetischen Achse den Polen gegenüber klar.

Von neuern, auf die Wanderung der Pole bezüglichen Arbeiten bespricht der Verfasser genauer die von G. D. Weyer, »Astronomische Nachrichten« 1894 Bd. 136 Spalte 209—222, von H. Fritsche: »Die Elemente des Erdmagnetismus für 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885 und ihre säkularen Änderungen, berechnet mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussschen Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, St. Petersburg 1899« und von W. van Bemmelen: »Die Säkularverlegung der magnetischen Achse der Erde. Observations made at Batavia, Vol. XXII, Append. I, 1900.«

Weyer konstruiert Schnittpunkte der als größte Kugelkreise ausgezogenen Kompaßrichtungen von je 8 Paaren von Orten jeder Halbkugel für 1680, 1710, 1740, 1770, 1800, 1830, 1860 und 1890, und findet so eine mittlere Polbahn. Schütz schließt sich der bereits von andern Seiten gefällten ablehnenden Kritik dieses Versuches an, und in der Tat ist es kaum verständlich, daß man die Schar der magnetischen Meridiane zwischen den Polen, die in Länge nicht 120° und in Distanz rund nur 160° voneinander liegen, größten Kreisen für so nahe kommend ansehen kann, daß man 8 Paare von Schnitten von Punkten aus, die auf der Nordhalbkugel zwischen 39 und 59° Breite, auf der Südhalbkugel gar zwischen 3 und 23° Breite liegen, für eine Konstruktion der Pole für ausreichend erachtet.

Van Bemmelen hat nach alten Schiffsbeobachtungen Karten magnetischer Meridiane für 1600, 1650 und 1700 konstruiert, die zuverlässiger als die Karten von Halley und Hansteen erscheinen, und nach ihnen die Bahn des Poles im Norden durch graphische Extrapolation bestimmt. Seine Annahmen geben dabei wenig Anlaß zu ernsten Bedenken.

H. Fritsche berechnet nach der Gaussschen Theorie die Koeffizienten, und zwar nicht wie Gauss, Petersen, Neumayer 24, sondern 48 Glieder. Dabei sind seine Rechnungen auf je zwölf äquidistante Beobachtungsorte auf 17 Parallelkreisen basiert und für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842, 1885 durchgeführt. Da das Beobachtungsmaterial für die Epochen vor 1842 nicht ausreicht, macht Fritsche darüber eine Anzahl von Hypothesen, die dem Materiale eine

so geringe Zuverlässigkeit geben, daß sie zu der großen Mühe der Berechnung in gar keinem Verhältnisse mehr steht. Immerhin schließt sich Schütz der abfälligen Kritik, die die Fritscheschen Arbeiten deshalb anderwärts gefunden haben, nicht an. Er zeigt vielmehr, daß für 1700 die Angaben von Fritsche mit den Inklinationsbeobachtungen von Feuillée besser übereinstimmen als die Hansteensche Inklinationskarte. Übereinstimmend finden van Bemmelen und Fritsche, daß der Magnetpol im Norden seit 1650—1885 etwa von 80° N bis 70° N gewandert ist. Gegenwärtig nimmt van Bemmelen eine mehr nordwärts, Fritsche eine nach südwärts gerichtete Bahn des Poles an.

Die Deklination liefert nach Schütz am meisten Material zur Untersuchung der Polwanderung. Fritsches Rechnungen, die auch für 1900 die Lage des Poles geben, wären zur Vorausbestimmung verwendbar, wenn sich noch weitere Garantien für die Zulässigkeit seiner Annahmen ergeben. Vielleicht läßt sich die Lage des Poles einwandfrei mit der des Endpunktes der magnetischen Achse in Beziehung setzen (van Bemmelen fand ungefähr gleichbleibende Distanz zwischen beiden). Experimentelle Festlegungen der Pole sollten etwa dreimal im Jahrhunderte stattfinden.

Die erdmagnetischen Verhältnisse auf Bornholm hat Prof. Adam Paulsen untersucht und darüber neuerdings wiederum berichtet.[1]) Bornholm liegt in der Ostsee 41 *km* von der Südostspitze Schwedens und 155 *km* östlich von der Insel Seeland, in Form eines Parallelogramms, dessen eines Seitenpaar von Nordwest nach Südost, dessen anderes nordsüdlich verläuft. Die Nordspitze hat 55° 17′, die Südspitze 55° 0′ n. Br., während die Ost- und Westspitze auf den Meridianen 15° 9′ und 14° 42′ O. v. G. liegen. Von der Südwestküste erstreckt sich bis zum Adlersgrund die flache Rönnebank, während die drei andern Küsten von tiefem Meere umgeben sind. Der Boden des größern Teiles der Insel besteht aus eisenhaltigem Granit, der südliche aus Sandstein. Ein pflastersteingroßes Stück diesen Granits brachte, dicht an das Kompaßgehäuse gehalten, eine Ablenkung der Magnetnadel um 2° hervor. Seit 1890 hat Paulsen systematische Untersuchungen über die erdmagnetischen Verhältnisse der Insel angestellt, insbesondere an 103 Stationen Bestimmungen meist aller 3 Elemente des Erdmagnetismus vorgenommen. Nach diesen verhält sich der Landklotz Bornholms im großen ganzen qualitativ etwa so, wie eine Masse weichen Eisens vom Erdmagnetismus beeinflußt werden würde. In dem aus dem Meere emporragenden obern Teile des Klotzes überwiegt Südmagnetismus; das Nordende der Nadel wird nach der Insel hingezogen, so

---

[1]) Congrès maritime international de Copenhague 1902. Anomalies de champ magnétique terrestre en Danemark. Daraus in Ann. d. Hydrographie 1903. p. 147, woraus oben der Text.

daß die westliche Deklination im Osten und Nordosten den normalen Wert übertrifft, im Westen und Südwesten unter ihm bleibt. Eine Figur zeigt den Betrag dieser Abweichungen vom Normalen, der im Nordosten + 2°, im Westen — 3° übertrifft, und man erkennt daraus, daß, während normal in dieser Gegend die westliche Deklination nach Westen zunehmen sollte, sie über Bornholm nach Westen hin abnimmt, und zwar finden wir auf der Insel Unterschiede, die im Maximum nahe an 5° herankommen, während ein Änderungsbetrag von nur 20′, und zwar im entgegengesetzten Sinne, normal wäre. Die Inklination ist der oben angedeuteten Grundvorstellung entsprechend fast überall größer als die normale, da das Nordende der Nadel von der Insel angezogen wird. Von den 76 Beobachtungsorten der Inklination zeigten nur fünf ein geringes Zurückbleiben der nördlichen Inklination hinter dem normalen Werte, während im Durchschnitte aller 76 Beobachtungsorte die vorhandene Inklination den normalen Wert um 28′ übertraf.

Die Horizontalintensität des Erdmagnetismus erscheint im Durchschnitte geschwächt. Unter den 99 Beobachtungsstationen zeigen nur 24 einen etwas größern Wert der Horizontalintensität, als er normal wäre, während der Durchschnittswert aller 99 Stationen um 0.00065 cgs. Einheiten unter dem Normalwerte liegt.

Die Normalwerte sind auf Grund der Karten von Neumayer unter Mitbenutzung eigener Beobachtungen in Kopenhagen und auf Jütland von Paulsen abgeleitet, und zwar gibt er für die Mitte von Bornholm an:

	Westl. Deklination.	Nördl. Inklination.	Horizontalintensität.
1891.5 . . .	9° 20.2′	68° 15′	0.17672 cgs.
1900.5 . . .	8° 32.2′	68° 4′	0.17863 „

Aus den Unterschieden zwischen den wahren und den normalen Werten der erdmagnetisehen Kraftkomponenten hat Paulsen auch für jede Station die störende Kraft nach Größe und Richtung bestimmt. Ihr mittlerer Wert beträgt 0.0079 cgs.-Einheiten, d. i. 17 °/₀ der normalen Totalkraft des Erdmagnetismus; auf einer Station steigt er bis zu 0.0212 cgs.-Einheiten. Die Horizontalkomponente der störenden Kraft hat einen mittlern Wert von 0.0039 cgs.-Einheiten, d. i. 22 °/₀₀ des normalen Wertes der Horizontalintensität. Eine Darstellung dieser Horizontalkomponenten der störenden Kraft nach Größe und Richtung gibt eine Figur. Die Neigung der störenden Totalkraft gegen den Horizont ist an den West- und Nordostküsten gering, nimmt aber im Mittelpunkte und im Süden der Insel stark zu und erreicht auf 2 Stationen 88°.

Nach den zahlreichen Deklinationsbestimmungen, die der Kapitän zur See in der dänischen Kriegsmarine, Hammer, auf dem Meere um Bornholm gemacht hat, nimmt die Deklination ab, wenn man sich der Westküste der Insel nähert, in deren Nähe sie nahezu denselben geringen Wert wie auf dem Strande erreicht. Von ihrem hohen Werte

nimmt an der Ostküste die Deklination ziemlich rasch ab, wenn man ostwärts fährt. Die magnetische Einwirkung der Insel Bornholm erstreckt sich auf dem Meere bis in Entfernungen von etwa 15 *km* von ihren Küsten.

An der Südwest- und der südlichen Ostküste Bornholms ist die Horizontalkomponente der störenden Kraft im allgemeinen nicht senkrecht zur Küste gerichtet, sondern wir finden ähnliche Verhältnisse wie im Innern der Insel vor. Die Rönnebank zeigt eben noch ähnliche Wirkungen wie Bornholm selbst, nur in etwas geringerer Stärke.

Auf der Insel selbst hat Paulsen sehr starke Unterschiede in der Größe der störenden Kraft auf benachbarten Stationen gefunden.

Auch aus dem übrigen Gebiete des Königreichs Dänemark sind magnetische Störungen bekannt geworden: Im nördlichen Teile von Fünen ist die westliche Deklination 1° größer als im Süden der Insel. Bei Korsör und Skelskör erreicht die Deklination beinahe denselben Wert wie im nördlichen Fünen.

Die magnetische Inklination in vorgeschichtlicher Zeit. Bekanntlich hat[1]) Folgheraiter eine Methode hierzu angegeben, die darauf beruht, daß Ton beim Brennen durch die erdmagnetische Inklination einen von der Stärke des Erdmagnetismus abhängigen Magnetismus annimmt und dauernd behält. Diese Methode hat er erfolgreich angewendet, und sie ist unlängst von Paul L. Mercanton wieder aufgenommen worden[2]) an Resten gebrannten Tones, die den Pfahlbauten der Schweizerseen entstammen. Alle ergaben Zeichen von Magnetismus. Da indessen unter diesen Gefäßen nur sehr wenig unversehrt erhalten sind, ihr Brennen ein sehr ungleichmäßiges gewesen und spätere Einwirkungen von Feuer sich störend bemerkbar machten, auch in den meisten Fällen selbst ungefähre Schlüsse über die Orientierung der Gefäße beim Brennen ganz unmöglich waren, blieb die Ausbeute für die Erkenntnis des Erdmagnetismus zur Zeit der Herstellung der Gefäße eine sehr geringe. Mercanton behandelt 5 Fälle, in denen einige Anzeichen über die Richtung und den Sinn des Magnetismus erhalten wurden; unter diesen sind zwei aus dem Neuchateler See stammende Gefäße, welche zu dem Schlusse berechtigen, daß in der Bronzezeit die magnetische Inklination eine nördliche und ziemlich starke gewesen. Trotz der großen Schwierigkeiten dieser Untersuchung und der sehr mäßigen positiven Ergebnisse seiner Befunde hält es aber Mercanton für empfehlenswert, diese Arbeit wieder aufzunehmen, da ein zufälliger glücklicher Fund, ein oder zwei ganz sichere Resultate über die Richtung der Inklination für die Verwertung der übrigen Objekte ungemein förderlich sein würden.

---

[1]) Vgl. dieses Jahrbuch **8.** p. 112; **10.** p. 178.

[2]) Bull. de la Société vaudoise des sciences etc. Ser. 4. **38.** p. 335.

Erdbeben.

Die Erdbebenforschung im Deutschen Reiche. Hierüber berichtete Prof. Dr. Gerland auf dem vierzehnten deutschen Geographentage in Köln.[1]) Das Deutsche Reich hat die unter der Leitung Gerlands stehende Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg errichtet; es hat ferner die erste internationale Konferenz für Erdbebenforschung im April 1901 in Straßburg ermöglicht und seismographische Stationen im ganzen Reiche für notwendig erkannt. An den Verhandlungen des der Kaiserlichen Hauptstation zur Seite gestellten Kuratoriums nehmen auch Vertreter des Reiches teil. Nach den vom Kuratorium gebilligten Vorschlägen soll die Seismizität Deutschlands dauernd erforscht werden, die großen (makroseismischen) und die kleinen (mikroseismischen) Beben, daneben die langsamen Schwankungen der Lotlinie, sowie auch die Fernbeben. Als Hauptstationen für die hierzu nötigen Beobachtungen sind in Aussicht genommen: Aachen, Karlsruhe, Darmstadt, München, Göttingen, Hamburg, Leipzig, Jena, Breslau, Königsberg, Potsdam, zu denen zahlreiche Nebenstationen treten. Die Sammelberichte der Hauptstationen sollen sämtlich der Zentralstation in Straßburg zugehen. Neben der lokalen Forschung hat das Reich namentlich die internationale gefördert. So wird das gegenwärtige Jahr (1903) für die Erdbebenforschung von besonderer Wichtigkeit werden, indem das Auswärtige Amt des Deutschen Reiches die Anregung zum Zusammentritte einer zweiten internationalen seismischen Konferenz in Straßburg gegeben hat. Dieselbe befaßte sich in erster Linie mit konstitutiven Verhandlungen und wird, wo möglich, zur Konstituierung einer internationalen Staatenassoziation führen, die in einem internationalen Zentralbureau ihr Arbeitsorgan erhält. Bezüglich der Beobachtungen der Assoziation sind ins Auge gefaßt: die Bewegungen, welche nicht durch Erdbebenstöße veranlaßt sind, Gesamtbewegungen von Flächenteilen der Erdrinde, langsame Bewegungen solcher Teile, sodann die mikroseismischen Flächenbewegungen (tremors), ferner die Erdpulsationen oder pulsatorischen Oszillationen und die Niveauveränderungen (Lotschwankungen). Sie sollen nach Art, Zeit und Dauer ihres Auftretens festgestellt und die Ursachen ihrer Entstehung erforscht werden. Ferner sollen die Bewegungen untersucht werden. die durch Erdbebenstöße veranlaßt auftreten, nämlich die makroseismischen Bewegungen, die direkt fühlbaren Erdbeben, die Lage des Epizentrums, des eigentlichen Stoßgebietes des Erdbebens; die Tiefenlage des Herdes; das zeitliche Auftreten, eventuelle Perioden, die Ursachen der Erdbeben; die mit Erdbeben häufig verbundenen Schallphänomene. Dann handelt es sich um die geographische Feststellung der Hauptschüttergebiete der Erde; um kartographische Festlegung der geographisch-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 506.

seismischen Tatsachen, die schließlich zur Herstellung einer seismischen Weltkarte führen werden. Einen weitern Beobachtungsgegenstand werden die Seebeben bilden. Hier handelt es sich um Aufstellung und Beobachtung von Pegeln an besonders ausgewählten Stellen. Endlich die Fernbeben, die mikroseismische Fortleitung makroseismischer Erdbebenstöße, mit genauen Zeitbestimmungen des Eintrittes derselben an möglichst vielen Stationen, behufs der Berechnung des Ausgangspunktes der Bewegung.

Messungen der Bodenbewegungen bei einer Sprengung auf dem Schießplatze Cummersdorf hat Prof. O. Hecker ausgeführt und diskutiert.[1]) Das Sprengmaterial war oberirdisch auf einer ebenen Sandfläche untergebracht. Die Instrumente verzeichneten ihre Angaben der horizontalen und vertikalen Komponente der Bewegung automatisch und waren gegen die Einwirkung der durch die Explosion erzeugten Luftwellen geschützt. Es waren 5 Stationen in Abständen von je 70 *m* errichtet, doch wurden an der Station I durch hineingeschleuderten Sand die Apparate außer Funktion gesetzt, so daß nur die Angaben von 4 Stationen zur Verfügung standen. Die Betrachtung der registrierten Kurven zeigt, daß in der Horizontalrichtung zunächst ein Ansaugen des Bodens nach der Sprengstelle hin erfolgt war, mit welchem gleichzeitig eine vertikale Bewegung des Bodens nach unten verbunden war; die folgenden horizontalen Schwingungen sind dann regelmäßig von vertikalen Bewegungen begleitet, und zwar entspricht einer Bewegung von der Sprengstelle weg eine Hebung des Bodens und umgekehrt. An Station II ist die Bodenbewegung noch ziemlich regelmäßig einer einfachen Sinusbewegung mit schnell abnehmender Amplitude ähnlich; an Station III zeigt sich bereits eine Zersplitterung der Hauptwelle, die an den weitern Stationen noch zunimmt. Die Größen der Bodenbewegungen an den 4 Stationen waren in horizontaler Richtung: II 1.67 *mm*, III 0.92 *mm*, IV 0.54 *mm* und V 0.49 *mm*; die vertikalen Bewegungen waren im Maximum bei Station III 0.70 *mm*, bei V 0.20 *mm*. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hauptwellen in dem Sandboden wurde $= 238\,m \pm 7\,m$ in der Sekunde berechnet, in guter Übereinstimmung mit Mallet (250 *m*) und der frühern Messung (205 *m*).

Vor der Ankunft der Hauptwellen traten kleine Wellen auf, die sich an einigen Kurven erkennen lassen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht abzuleiten war, weil ihr Eintritt sich nicht scharf genug markierte. Sicher war nur ihre Geschwindigkeit sehr viel größer als die der Hauptwellen, und in 500 *m* Entfernung von der Sprengstelle war die Verspätung der Hauptwellen gegen die kleinen schon sehr auffällig. G. H. Darwin definiert in seinen theoretischen Untersuchungen die Erdbebenwellen als schnell sich fortpflanzende

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. **6.** p. 87.

Kompressionswellen und langsamer sich bewegende Verschiebungswellen. Höchst wahrscheinlich sind die beobachteten vorauseilenden Wellen wirklich Kompressionswellen; dafür spricht auch, daß bei der Sprengung von 1897 die kleinen, vorauseilenden Wellen eine Geschwindigkeit (1437 *m*) gezeigt, welche der Fortpflanzung der Schallwellen im Wasser (1418 *m*) nahe ist. Sehr erwünscht sind nun fortgesetzte Experimente über die Fortpflanzung der Wellen an Orten mit möglichst homogenen obern Schichten; denn wenn mit Sicherheit nachzuweisen ist, daß die vorauseilenden Wellen Kompressionswellen und die Hauptwellen Verschiebungswellen sind, ist »ein großer Fortschritt zur Erweiterung unserer Kenntnisse des Erdinnern getan«. Ergibt sich nämlich aus den Beobachtungen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verschiebungswellen im Bogen des größten Kreises gemessen konstant oder angenähert konstant sind, so folgt daraus, daß die Verschiebungswellen sich nur in den obern Schichten der Erdkruste fortpflanzen. Die Kompressionswellen hingegen werden unter allen Umständen einen Teil des Erdinnern durchlaufen und nicht in einer geraden Linie vom Entstehungs- zum Beobachtungsorte sich fortbewegen, sondern sich nach Elastizität und Dichte nach den verschiedenen Tiefen des Erdinnern richten. Ziemlich sicher ist bereits mehrfach festgestellt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der ersten Erschütterungen des Bodens (der Vorbeben) eine mit der Entfernung vom Herde stark wachsende Geschwindigkeit haben. Bewährt sich dabei die konstante Geschwindigkeit der Verschiebungswellen, so würde das einen Beweis dafür erbringen, daß das Erdinnere nicht fest ist.

Das Erdbeben von Ceram am 30. September 1899 bildete den Gegenstand einer eingehenden Studie von Prof. E. Rudolph.[1]) Dieses Beben gehört zu den wenigen des Jahres, deren Epizentrum bekannt ist, und deren Ausbreitung über die Erde hin sich mit ziemlicher Sicherheit verfolgen läßt. Dank der Untersuchung von R. D. M. Verbeek,[2]) sind wir in der Lage, uns eine Vorstellung von dem Auftreten des Bebens im makroseismischen Schüttergebiete und von den Beschädigungen, welche durch dasselbe angerichtet worden sind, zu machen. Prof. Rudolph gibt zunächst an der Hand dieser dankenswerten Arbeit einen kurzen Überblick über den Verlauf und die Wirkungen des Bebens, um sich dann der Betrachtung der Fortpflanzung der durch die Erschütterung veranlaßten seismischen Wellen zuzuwenden.

Am stärksten machte sich die Erschütterung an der Südküste von Ceram in der Umgebung der Elpaputibai geltend. In dem gebirgigen Lande westlich von der Bai wurden durch dieselbe zahl-

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. **6.** p. 238.

[2]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië 1900. **60.** p. 219—228. 1 Karte 1 : 1000000.

reiche Erdrutsche verursacht, wie an den hellschimmernden, gelben und weißen Stellen erkennbar war, die sich nach dem Beben von ihrer Umgebung deutlich abhoben. Während im allgemeinen der Stoß auf Ceram als mittelmäßig stark bezeichnet wird, war er an der Westküste der Elpaputibai sehr stark. Von hier als dem Mittelpunkte hat sich der Stoß nach allen Seiten hin fortgepflanzt, am stärksten aber nach Westen und Osten. In dem Kalkgebirge landeinwärts von Kawa an der Westküste von Ceram waren überall die Spuren von frischen Abstürzen sichtbar. Dasselbe war in dem gebirgigen Innern der Kawa gegenüber gelegenen Insel Boano der Fall, woraus man schließen muß, daß auch hier das Erdbeben noch ziemlich stark war.

Was die Verbreitung des Bebens außerhalb Ceram angeht, so ergibt sich der bemerkenswerte Umstand, daß das Beben in Ternate und auf Halmahera äußerst schwach war, während es auf dem viel weiter von Ceram entfernten Celebes sich ziemlich stark bemerkbar machte. Da von den Kleinen Sundainseln, die gerade südlich von Ceram liegen, keine Nachrichten über das Erdbeben eingelaufen sind, so kann man annehmen, daß der Stoß sich nicht durch die Bandasee südwärts ausgebreitet hat und im wesentlichen auf die Molukken beschränkt war. Die Fortpflanzung einer stärkern Bewegung in nordwestlicher Richtung von Ceram über Gr.-Obi bis zur Minahassa hat vielleicht in besondern tektonischen Verhältnissen ihre Ursache. Es ist nun jedenfalls eine auffallende Tatsache, daß trotz der mäßigen Stärke des Stoßes (etwa V—VI der Intensitätsskala de Rossi-Forel) und trotz der verhältnismäßig geringen Ausdehnung der Schütterfläche die durch den Stoß verursachten Erdbebenwellen eine so ungeheuere Verbreitung gehabt haben. Wie sich aus der weitern Untersuchung ergab, haben sich die seismischen Wellen nicht nur rund um die Erde fortgepflanzt, sondern wahrscheinlich auch durch das Erdinnere hindurch, so daß wir uns vorstellen müssen, daß der ganze Erdball in Schwingungen geraten ist.

Die Festlegung des Epizentrums ist mit großen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Anzahl von Europäern, die zuverlässige Beobachtungen über die Bewegungsrichtung des Stoßes hätten machen können, auf Ceram eine sehr geringe ist. In dem vorliegenden Falle glaubt Verbeek nur 2 Beobachtungen verwerten zu dürfen, und auch diese beiden sind nicht einmal über allen Zweifel erhaben. Sie führen auf 128° 30′ E. L. und 3° 10′ S. Br. Der epizentralen Fläche gibt Verbeek eine elliptische Gestalt, deren große Achse eine Länge von etwa 8 Bogenminuten hat.

Die Ausbreitung der Bewegung von diesem pleistoseisten Gebiete nach Westen und Osten ist nach Verbeek vor allem durch eine alte Bruchlinie begünstigt. die der Südküste von Ceram parallel verläuft und auch in der Topographie der Insel zum Ausdrucke kommt.

Der durch die Erderschütterung allein verursachte Schaden wäre nicht so bedeutend gewesen, und besonders wäre kein so schwerer

Verlust an Menschenleben zu beklagen gewesen, wenn nicht der Erderschütterung eine Meeresbewegung gefolgt wäre, durch welche die niedrig gelegenen Küstenstrecken überflutet und die Dörfer weggeschwemmt wurden. Die Zahl der auf diese Weise ums Leben gekommenen Personen wird auf 3864 angegeben. Infolge des Erdstoßes lösten sich nämlich ebenso wie im Binnenlande auch an der Küste an verschiedenen Stellen mehr oder minder große Massen lockern Materials ab und verursachten durch die plötzliche Wasserverdrängung Wellen, welche mit einer Höhe von 2—6 *m*, ja selbst 9 *m* gegen die Küste anstürmten und je nach der Beschaffenheit dieser letztern bis zu 270 *m* landeinwärts alles überfluteten und mit sich fortrissen. Verbeek liefert den ganz genauen Nachweis, daß derartige Wellen nur dort entstanden, wo Landteile ins Meer sanken. An andern Stellen, wo das Erdbeben zwar auch gefühlt wurde, aber kein Abbruch und kein Erdrutsch an der Küste damit verbunden war, bildete sich keine Welle; eine Überflutung dieser Stellen trat nur dann ein, wenn die Orientierung der Küstenstrecke derart war, daß sie durch eine von einer andern Seite herkommende Welle erreicht werden konnte. Auch in dieser Hinsicht hatten die Meeresbuchten an der Südseite von Ceram, die Pirubai und vor allem die Elpaputibai am meisten zu leiden. An der Küste der letztgenannten Bai sind allein etwa 2460 Menschen ums Leben gekommen; und die Welle, welche sich von hier aus in die offene Bandasee fortpflanzte, erreichte sogar noch die 187 *km* entfernte Insel Banda Neira und verursachte hier ein Steigen des Wassers um 1 *m* über Hochwasser. Diese Tatsachen stützen die von Verbeek aufgestellte Behauptung, daß sich in der Nähe der Elpaputibai das Epizentrum des Bebens befinden müsse.

In bezug auf die Angaben über den Augenblick, in welchem der Erdstoß im Epizentrum oder an andern vom Epizentrum entfernt gelegenen Punkten eintraf, ist man ebenso übel daran, wie bei den oben betrachteten Richtungsangaben.

Prof. Rudolph findet aus Kombination der entfernten Stationen, an welchen das Beben registriert worden, als Zeit der Erschütterung im Epizentrum $17^{h}\ 1.08^{m}$ mittl. Zeit von Greenwich. Er diskutiert nun im einzelnen die Aufzeichnungen an 27 seismischen Stationen und findet, daß, wenn man den Versuch macht, die im vorstehenden erwähnten zahlreichen Zahlenangaben übersichtlich zusammenzustellen und diejenigen Daten auszusuchen, welche gleichen Phasen entsprechen, um auf diese Weise eine Vorstellung von der Aufeinanderfolge der verschiedenen Wellen und ihrer verschieden großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu erhalten, man auf Schwierigkeiten stößt, welche bei dem heutigen Stande der seismischen Beobachtungen nur teilweise zu überwinden sind. »Diese Schwierigkeiten«, sagt er, »liegen vor allen Dingen in den verschiedenartigen Systemen seismischer Apparate, welche auf den Beobachtungsstationen in Gebrauch sind. Es ist nicht bloß der den einzelnen Pendeln eigentümliche verschieden

hohe Grad der Empfindlichkeit, welcher die Einreihung der Zeitangaben in die ihnen zukommende Phase oft fast unmöglich macht; viel erschwerender wirkt der Umstand, daß nur die wenigsten Instrumente Seismogramme liefern, denen man die beiden zur Charakterisierung der Erdbebenwellen wichtigsten Eigentümlichkeiten, die Schwingungsperiode und -amplitude entnehmen kann.

Die Stationen Kap der guten Hoffnung und Göttingen geben allein ein vollständiges Bild der Störung. Indessen ist das Seismogramm der erstgenannten Station so undeutlich, daß eigentlich nur Göttingen als diejenige Station übrig bleibt, die ein brauchbares Bild geliefert hat. Bei allen andern ist dagegen bald die eine, bald die andere Phase nicht erkennbar.

Betrachtet man die Zeitangaben für die erste Störung, so ergibt sich, daß auf einer ganzen Reihe von Stationen neben dem Anfange der Störung noch ein 2. und 3. Einsatz bemerkbar ist. Auf mehrern Stationen beginnt die Störung des Pendels überhaupt erst mit dem 2. Einsatz oder gar erst mit dem dritten.

Mit wenigen Ausnahmen haben diejenigen Stationen, welche einen relativ frühen Anfang der ganzen Störung verzeichnen, auch für den 2. Einsatz einen relativ frühern Anfang. Ferner kann man beobachten, daß der Zeitpunkt des 2. Einsatzes in demselben Maße später fällt, wie die Stationen weiter vom Epizentrum entfernt liegen. Diese zeitliche Verschiebung des Einsatzes ist beim dritten Einsatze noch viel schärfer ausgeprägt als beim zweiten, ja es liegen Anzeichen dafür vor, daß es noch einen 4. Einsatz vor dem Beginne der 2. Phase gab.

»Die beiden angeführten Umstände«, fährt Prof. Rudolph fort, »lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die wiederholten Einsätze der Störung, drei im ganzen, oder vielleicht sogar vier, von ebensoviel Stößen im Erdbeben herrühren. Wenn wir in den spätern Phasen der Störung von diesen Stößen keine Spur mehr finden, so ist dieses Fehlen wohl nur darauf zurückzuführen, daß der erste Stoß der stärkste war. Die großen Schwingungsamplituden in der 2.—5. Phase werden mit denjenigen der spätern Erdstöße interferiert haben und dadurch nicht erkennbar geworden sein. Nur während der 1. Phase, in welcher die Schwingungsamplituden überhaupt klein waren, konnten sich die spätern Stöße bemerkbar machen. So enthüllen uns die Seismogramme eine Tatsache, von der wir in den Berichten aus dem makroseismischen Schüttergebiete nichts hören.«

Prof. Rudolph hat für die einzelnen Stationen, soweit dies überhaupt ausführbar war, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellen der 1.—5. Phase berechnet.

Überblickt man die Werte für die 1. Phase, so findet man die schon seit langem bekannte Tatsache der Zunahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung vom Epizentrum in aller nur wünschenswerten Bestimmtheit bestätigt.

Ganz normal ist die Zunahme der Werte für die folgenden Phasen. Die ganz unwesentlichen Schwankungen, welche auch hier nicht fehlen, sind auf ungenaue Messungen des Seismogrammes zurückzuführen und kommen gegenüber dem stetig wachsenden Werte der Geschwindigkeit nicht in Betracht. Am bemerkenswertesten ist es, daß auch die Werte für die 5. Phase von Batavia bis Pavia fast stetig anwachsen. »Ich sehe«, sagt Prof. Rudolph, »in dieser Tatsache das wichtigste Ergebnis der Untersuchung. Freilich soll nicht behauptet werden, daß dieser eine Fall maßgebend wäre. Es wird noch vieler Untersuchungen bedürfen, bis sich eine endgültige Entscheidung treffen läßt. In der demnächst erscheinenden Bearbeitung der »Seismometrischen Beobachtungen von 1887—1897« werde ich ein größeres Beobachtungsmaterial heranziehen, das zu einem gesicherten Resultate führen wird.«

Das Erdbeben von Schemacha, am 13. Februar 1902. Über dasselbe liegt ein vorläufiger Bericht von F. Anderssohn vor.[1]) Die Stadt liegt am Südabhange des östlichen Kaukasus, der dort in einem Systeme OSO—WNW streichender Brüche zur Kuraniederung abfällt. Um einen Spannungsausgleich längs dieser Brüche handelt es sich zweifelsohne bei den Erdbeben, die Schemacha bereits so häufig beunruhigt haben. Ein besonders starkes Beben war im Juni 1859 Veranlassung, daß die Gouvernementsregierung, die ihren Sitz bis dahin in Schemacha gehabt hatte, nach dem 100 *km* östlicher gelegenen Baku übersiedelte. Ein stärkeres Beben suchte die Stadt im Jahre 1872 heim, wurde an Heftigkeit aber bei weitem übertroffen von dem des Jahres 1902. Dieses letztere nahm seinen Ausgang von einer den Randbrüchen des Kaukasus parallelen, etwa 5 Meilen langen Mittellinie, dicht nördlich von Schemacha, die etwa durch die Ortschaften Sundi und Baskal bezeichnet wird. Von dieser Linie aus nahm die Heftigkeit der Erscheinungen gegen das Gebirge zu rasch ab, nach SW endigte die Zerstörungszone am Rande der Kuraebene, so daß sie von SW nach NO nur 3 Meilen breit war und im ganzen etwa 15 Quadratmeilen umfaßte. Da nähere geotektonische Untersuchungen nach dem Beben durch Schneefall leider verhindert wurden, auch keine Seismometer in dem Schüttergebiete aufgestellt waren, so beschränken sich die bekannt gewordenen Tatsachen auf die Schilderung des, übrigens durchaus typisch verlaufenen Vorganges selbst und die Feststellung der Zerstörungen.

Schon eine Woche vor der Katastrophe hatte man in der Gegend von Schemacha oft schwache Stöße wahrgenommen, ebenso am Vormittage des 12. Februar. Am 13., kurz nach $^1/_2$1 Uhr mittags, machten sich etwa 10 Minuten lang heftige Bodenschwankungen fühlbar, die

[1]) Geol. Förh. 24. p. 379. Auszug in Naturw. Wochenschrift 1903 p. 31. woraus oben der Text.

von NO nach SW gerichtet gewesen sein sollen, fast unmittelbar darauf um 12 Uhr 53 Minuten erfolgte der Hauptstoß, der in senkrechter Richtung wirkte und die Holzhäuser Schemachas und der Umgegend größtenteils zerstörte, dagegen die massiven Gebäude anscheinend wenig beschädigte. Ihm folgten wieder Schwankungen des Bodens, und eine große Zahl schwächerer Erschütterungen wurde noch bis zum nächsten Morgen verspürt. Vor dem Stoße war ein schwaches Dröhnen aus nordwestlicher Richtung hörbar. Unmittelbar nach dem Beben erfolgte am Ostrande des Zerstörungsgebietes, in Marasi (25 *km* östlich von Schemacha) der Ausbruch eines dort gelegenen Schlammvulkans. Anderssohn sucht den Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen wohl mit Recht in der Störung des Gleichgewichtes, die das Beben in den Erdschichten über dem Schlammherde hervorrief. Östlich dieser Schlammausbruchsstelle hat das Erdbeben keine dauernden Wirkungen mehr hinterlassen. In Baku wurde es jedoch um 12 Uhr 55 Minuten in Form starker Bodenschwankungen gefühlt. Im ganzen sind etwa 1000 Menschen umgekommen, gegen 4000 verletzt, während der Sachschaden auf ungefähr 13 Millionen Mark geschätzt wird. Doch scheint an der Größe dieses Schadens weniger die Stärke des Bebens als die geringe Festigkeit der Gebäude die Schuld zu tragen. Schwächere Erschütterungen sind in den folgenden Monaten übrigens mehrfach in unregelmäßigen Zwischenräumen im transkaukasischen Gebiete wie auch in Grozny nördlich des Kaukasus aufgetreten.

Das Erdbeben von Saloniki am 5. Juli 1902. Im Auftrage der Wiener Akademie der Wissenschaften hat Prof. R. Hoernes (Graz) das Gebiet, auf dem dieses Erdbeben sich bemerkbar machte, durchforscht. Seinem Berichte an die Akademie[1]) ist folgendes entnommen.

Von den über das Beben vom 5. Juli vorliegenden Nachrichten wurden zunächst jene eingehend erörtert, welche zu einer annähernd genauen Zeitbestimmung der Haupterschütterung führen können. Da in Saloniki, abgesehen von der türkischen Zeitrechnung, drei europäische Zeitangaben in Gebrauch stehen (mitteleuropäische Zeit, nach welcher die westlichen Bahnen: Saloniki—Monastir, Saloniki—Mitrovitza und Üsküb—Sibefče verkehren, und osteuropäische Zeit, welche den Verkehr Saloniki—Konstantinopel regelt, während die Saloniker Ortszeit gegen erstere rund um 32 Minuten vor, gegen letztere aber um 28 Minuten zurückliegt), war diese Aufgabe keine ganz einfache. Der Eintritt der Haupterschütterung konnte für Saloniki nur annähernd mit $4^h\ 20^m$ p. m. Ortszeit ermittelt werden. Die Zeitangaben zahlreicher Stationen der Orientbahnen, welche dem Berichterstatter mitgeteilt wurden, geben ein neues Beispiel für die Erfahrungen hin-

[1]) Wiener Akademischer Anzeiger 1902 p. 325.

sichtlich der ungenügend genauen Zeitbestimmung des täglichen Lebens, welche bei allen größern Beben zutage treten.

Prof. Hoernes erörtert dann die an den einzelnen Orten eingetretenen Wirkungen. Von den stärksten Zerstörungen wurde das Dorf Güvezne heimgesucht. Auch einige Orte in der Umgebung dieses Dorfes, so namentlich Arakli, wurden stärker beschädigt, Saloniki hat viel weniger gelitten. In der makedonischen Metropole wurde die hochliegende Türkenstadt fast garnicht beschädigt, nur der niedriger am Meere gelegene Stadtteil hat zahlreiche Erdbebenschäden aufzuweisen. Zumal die Häuserreihe am Quai, welche auf jungen Auffüllungen steht und vielfach ungenügend fundiert sein dürfte, hat stark gelitten, ferner jene Gebäude, welche besonders hoch oder schlecht gebaut waren.

Als Herd der Erschütterung wird die Depression zwischen dem Bešikdagi und Hortačdagi, die Niederung von Langaza bezeichnet, in welcher der gleichnamige See, der zuweilen auch nach dem an seinem Südufer gelegenen Orte Ajvasil benannt wird, als Rest eines früher viel ausgedehntern Binnengewässers liegt. Auf der Nordseite des Sees, nahe bei Langaza liegen die warmen Quellen von Ilidže-Lutra, welche 2 Tage nach dem Erdbeben eine bemerkenswerte Änderung (Einsinken des Bodens im Bassin des Bades, Hervorbrechen eines neuen Ausflusses etwa 200 *m* vom Badehause) und im Laufe späterer Zeit auch eine geringe Erhöhung der Temperatur (um 1° C.) erfuhren. Auch die warmen Quellen von Bajnsko bei Strumica und von Negorci bei Gjevgjeli, sowie die kalten Quellen von Suputnik und Larigovo im Kolomondagebirge sollen durch das Beben beeinflußt worden sein. Bei Güvezne, Arakli und Ajvatli erfolgte Austreten des Grundwassers infolge der Erschütterung der Alluvionen und vordem trockene Bachrinnen wurden wasserführend.

Dem Beben vom 5. Juli lag eine Schütterlinie zugrunde, die sich von Ajvasil am Südufer des Langazasees bis zur Bahnstation Doiran am gleichnamigen See verfolgen läßt. Sie hängt mit dem Grabenbruche zwischen dem Hortačdagi und Bešikdagi zusammen. Die Beeinflussung der Thermen von Bajnsko bei Strumica, welche freilich nicht vollkommen sichergestellt ist, würde einen Zusammenhang mit der dem Vardartale annähernd parallel laufenden »Thermenlinie« Dr. Karl Östreichs wahrscheinlich machen, wie denn Östreich selbst eine Fortsetzung seiner Thermenlinie nach SSO zu den Quellen von Langaza (Ilidže-Lutra) vermutet.

Prof. Hoernes gibt eine Aufzählung größerer Beben, von denen Makedonien im Laufe der Zeit betroffen wurde. Eines derselben, am 26. Februar 1430, zerstörte teilweise die Stadtmauern Salonikis und erleichterte so die Einnahme der Stadt durch die Türken. Die aus neuerer Zeit vorliegenden Erdbebenverzeichnisse von J. Schmidt und C. W. C. Fuchs lehren, daß Erschütterungen in dem Gebiete nördlich vom thermäischen Golfe häufig sind. Ihr Zusammenhang

mit den tektonischen Vorgängen in der Rhodopemasse, mit den Einbrüchen, mit welchen uns Prof. Cvijič näher bekannt gemacht hat, ist klar. Diese zur Tertiärzeit begonnenen gewaltigen Senkungen, welche im Süden das Eintreten des Meeres in den thermäischen Golf und die eigenartig zerschnittene Gestalt der Halbinsel Chalkidike verursachten, im Innern des Landes aber zahlreiche, teils von Seen erfüllte, teils trockene Gräben schufen, waren auch die Veranlassung für das Zutagetreten junger Eruptivgesteine auf den Bruchspalten. Der ungemeine Reichtum an heißen Quellen, welcher Makedonien auszeichnet, hängt gleichfalls mit diesen tiefgehenden Bruchlinien zusammen, auf welchen an vielen Stellen »juveniles Wasser« dem Boden entquillt. Daß die Rindenbewegungen, welche die eigenartige Bodenplastik Makedoniens verursachten, auch heute noch andauern, bekunden die häufigen und starken Beben, von welchen das Land wie in früherer Zeit so auch noch in der Gegenwart heimgesucht wird.

Über die Erdbeben an der Küste Guatemalas im Jahre 1902 und deren Folgeerscheinungen berichtet der Regierungsbaumeister und Betriebsleiter der Ocós-Eisenbahn.[1]) Folgendes ist diesem Berichte entnommen. Das Erdbeben vom 18. April 1902 wurde in Ocós am heftigsten an unserer ganzen Küste gefühlt; der Stoß kam von SW oder SSW. Die Erdbebenwelle ist in unserem Sandboden (etwa 300—400 *m* breit, feinster gleichmäßiger vulkanischer Sand), desgleichen in den Fußböden unserer Holzhäuser, sowie auf der Plattform unseres eisernen Landungssteges heute noch zu sehen; die Wellen sind 25—30 *m* lang und bis zu 15 und 20 *cm* tief. Etwa 100—150 *m* vom Beginne des Festlandes (harter Lehm mit Kies und Sand) brach sich die Erdbebenwelle in dem Sande zwei- bis dreimal unter genau den gleichen Erscheinungen wie beim Brechen der Brandungswelle auf dem Strande; die dadurch entstandenen Gruben, welche bis zu Mannestiefe hatten, sind heute noch, soviel mir bekannt, in meilenweiter Ausdehnung Küste auf und Küste ab zu sehen; die Einzelheiten, wie sie kurz nach dem Erdbeben zu sehen waren: Aufbrechen und Überfallen des Sandes sind natürlich heute durch Regen und Wind zerstört. In unserem Eisenbahngeleise ließen sich die Wellen des Erdbebens noch auf etwa 200 *m* auf dem Festlande (der oben erwähnte harte Lehm) verfolgen, die Wellen waren dort allerdings länger: 50—75 *m* und weniger tief (etwa 5 *cm*); weiter nach dem Innern waren keine Störungen mehr zu beobachten.

Seit dem 10. Mai haben Störungen in dem normalen Verlaufe der Fluten an unserer ganzen Küste, und davon herrührend, Änderungen des Strandes stattgefunden, welche mit dem Cyklon vom 23. und 24. September ihr Maximum erreichten und allenthalben schweren Schaden angerichtet haben.

[1]) Annalen der Hydrographie 1903 p. 52.

Die normale Flut ist hier etwa 1,5 *m* (5 Fuß engl.); es begab sich nun, daß während der Monate Mai, Juni, Juli und bis Mitte August die Flut 2—2,5 *m* (7—8 Fuß) betrug, wobei der normale Ebbestand nie erreicht wurde, die Ebbe blieb stets etwa 0,3 *m* (1 Fuß) über dem normalen Stande. Erst seit Mitte August ging das Niederwasser auf seinen alten Stand zurück, dagegen ist aber das Hochwasser immer noch 0,3 *m* (1 Fuß) höher als unter normalen Verhältnissen.

Die ganze Küste von Guatemala bis Mexiko, von Acajutla bis Salina Cruz, ist sehr leichter fein- und gleichkörniger vulkanischer Sand, ein Gürtel etwa 100—300 oder 500 *m* breit, dem nach innen die brackische Lagune (estero) folgt, welche beinahe stets durch eine der vielen Flußmündungen mit der See in Verbindung steht, demnächst folgt das Festland mit seinem Gürtel von Mangrove-Busch: Untergrund meist harter Lehm mit mehr oder weniger Kies und Sand oder Steinen. Seit vielen Jahren zeigte der Strand kaum eine Änderung, die Brandung fraß wohl einmal ein paar Meter Sand heute weg, gab selben aber nach zwei oder mehr Tagen stets wieder auch meist am gleichen Platz zurück. Das hat sich seit Mai gründlich geändert, erst langsam, allmählich aber mit zunehmender Begierde fraß die Brandung den Strand ab, gleichzeitig natürlich die Düne überflutend, und an manchen Stellen, wie z. B. in Ocós, unbewohnbar machend. In den letzten Tagen vor und während des Zyklons (23. September) ging es aber dann mit Riesenschritten, so daß an manchen Stellen bis zu 50 und 60 *m*, in Salina Cruz bis zu 100 und 150 *m* Strand weggefressen wurden. Der Grund hierfür ist natürlich die größe Fluthöhe; solange als diese jahrelang sich gleich blieb, war alles im Gleichgewichte von dem Augenblicke an aber, wo durch Eintritt der hohen Fluten das Gleichgewicht gestört war, mußte so viel vom Strande zum Opfer fallen, als notwendig war, um einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden. Dies scheint nunmehr seit Anfang Oktober der Fall zu sein, der Strand ist jetzt überall viel flacher, fällt etwa 1 : 8—1 : 10, während er früher 1 : 5 abfiel, es liegt ihm nunmehr eine Sandbank von durchschnittlich 100 *m* Breite vor, welche bei Ebbe beinahe vollständig trocken liegt.

Daß diesem Abfressen des Strandes eine Menge Gebäude allenthalben zum Opfer fielen, ist um so natürlicher, als alle wertvollern Gebäude in unsern sogenannten Hafenplätzen nach alter Gewohnheit auf der äußerten Düne stehen, also dem ersten Anpralle des Meeres ausgesetzt sind. Die größten Verwüstungen sind wohl in Ocós und Salina Cruz vorgekommen, insbesondere an letzterem Orte, wo der Zyklon vom 23. September in dem verrufenen Golfe von Tehuantepec wüst gehaust hat; die neuen Hafenbauten, Magazine und Wohngebäude, Wellenbrecher, Landungssteg, Leuchtfeuer etc., alles fiel oder wurde von der See verschlungen.

Noch ein paar Worte über Erdbeben: Dasjenige vom 18. April,

höchstwahrscheinlich ausgelöst durch planetarische (Mond und Sonne) Attraktion, ist, wie alle die vielen folgenden, ein rein tektonisches, auf einer Scholle, welche abgesunken ist, auf unserer Vulkanlinie, und abgebrochen auf einer dieser mehr oder weniger parallelen Linie etwa 70 Meilen seewärts, dort, wo der seichte Meeresgrund plötzlich nach dem tiefen Ozeanbecken abfällt. Sowohl das große Beben vom 18. April, als alle die vielen folgenden, haben hier, wo die Richtung sich unverfälscht ohne alle lokale Ablenkung beobachten läßt, dieselbe Richtung aus SW oder SSW gehabt.

Von Vulkanismus ist absolut keine Rede, an unsern Vulkanen haben Bergstürze in Masse stattgefunden, aber die wenige vulkanische Tätigkeit, wie Fumarolen, heiße Quellen etc., haben absolut keine Änderung erlitten. Es wird viel von erneuter Tätigkeit des Vulkans Jzalco (in Salvador) und Colima (in Mexiko) geredet, wird wohl aber auch damit, in der Nähe besehen, nicht anders sein, als mit den vielen vollständig unwahren Gerüchten über den Ausbruch der Vulkane: Tacaná, Tajamulco und Cerro Quemado, alle von hier aus in Entfernungen von 60—80 *km* täglich sichtbar.

Das Erdbeben oder die Erdbeben vom 23. und 24. September waren in jeder Hinsicht total verschieden von denjenigen, welche zur Serie des 18. April gehören. Es war kein Stoß mit nachfolgender scharfer Wellenbewegung, sondern ein langes langsames Wiegen. Das erste dieser Beben, zugleich das längste und stärkste, war am 23. September 2^h 20^m nachmittags, dauerte hier 65^s, also in Wirklichkeit wohl bedeutend länger, da Anfang und Ende zufolge unsers Sanduntergrundes wohl nicht genau beobachtet werden konnten. Die Empfindung war die eines langsam rollenden Schiffes, man sah die langen langsamen Wellen auf dem Boden, man sah die Gebäude sich langsam neigen, kurz es war von dem andern wohl stärker aber rascher vorbeigehenden Beben total verschieden. Die Richtung dieses Bebens war SO—NW, also mehr oder weniger senkrecht zur Küstenlinie, und die Auslösung des Bebens war meiner Meinung nach entschieden verursacht durch ein schweres tiefes barometrisches Minimum, welches über dem Golfe von Tehuantepec oder etwas nördlich davon lag, und seit dem 22. September mittags, aus Süden kommend, an Ocós vorbeiziehend sich seit Mitternacht 22./23. dort befand. Dieses Minimum muß wie ein Schröpfkopf auf Atmosphäre, Wasser und Erde gewirkt haben. Was die Verbreitungszone dieses Bebens anbelangt, so ist selbe von derjenigen des 18. April sehr verschieden: das Hauptschüttergebiet des letztern lag von Tapuchulu bis San Salvador und von der Höhe der Vulkane oder wenige Kilometer nördlich hiervon bis zur Küstenlinie, also genau die oben beschriebene Scholle, während dasjenige vom 23. September als Zentrum die Gegend von Salina Cruz (Golf von Tehuantepec) hatte, es wurde sehr stark gefühlt in Tonalá, desgleichen in Tuxtla Gutierrez und San Cristobal, Comitan, Huehuetenango und in ganz Guatemala bis zur Hauptstadt Guate-

mala selbst, beschränkte sich also nicht nur auf die mehrfach erwähnte Scholle, sondern griff insbesondere auch auf das granitische Massengebirge von Comitan—Huehuetenango über, wo verhältnismäßig der größte Schaden angerichtet wurde (z. B. Tuxtla Guiterrez ist zur Hälfte zerstört).

Das Erdbeben im Vogtlande und dem nordwestlichen Böhmen im Jahre 1903. Über die Art und Weise, in welcher diese Bodenerschütterungen auftraten, und ihre vermuteten Ursachen hat sich Prof. Dr. Diener des nähern ausgesprochen. Er bemerkt, daß 1875 die Aufmerksamkeit der Geologen zuerst auf diese seismischen Erscheinungen gelenkt worden sind, die sich damals in dem sächsischen und böhmischen Teile des westlichen Erzgebirges abspielten. Seitdem habe sich das egerländisch-vogtländische Schüttergebiet zu einem der tätigsten chronischen Bebenherde in Europa entwickelt. Es gehöre daneben aber auch zu den am besten bekannten und in bezug auf ihre Eigentümlichkeiten am gründlichsten studierten Erdbebengebieten. Von sächsischer Seite liegen über die seismischen Ereignisse im westlichen Erzgebirge innerhalb der letzten 6 Jahre mehrere zusammenfassende Darstellungen von Prof. H. Credner, dem Direktor der Geologischen Landesanstalt in Leipzig, vor, während von Seite österreichischer Forscher diese Erdbeben durch Becke, Uhlig und Knett in den Berichten der Erdbebenkommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften eine monographische Bearbeitung gefunden haben.

Die Erdbeben des egerländisch-vogtländischen Gebietes treten hiernach in der Regel als Schwarmbeben auf. Das bemerkenswerteste dieser Schwarmbeben spielte sich im Oktober und November 1897 ab. Vom 24. Oktober bis zum 25. November wurden in Graslitz 197 Stöße verzeichnet. Nur 2 Tage, der 21. und der 22. November, blieben erdbebenfrei. Auf diesen durch die große Zahl und Stärke der einzelnen Stöße, sowie durch eine lange Dauer bis dahin im sächsisch-böhmischen Schüttergebiete einzig dastehenden Erdbebenschwarm folgte eine zweieinhalbjährige, nur durch vereinzelt schwache Stöße von ausnahmslos lokaler Natur unterbrochene Ruhe. Im Juli und August 1900 begannen neue seismische Erscheinungen, die jenen des Jahres 1897 durchaus ähnlich waren. Sie wurden in den ersten Tagen des Juli in der Gegend von Graslitz und Brambach mit schwachen Erschütterungen wahrgenommen, die an Stärke bis zum 7. Juli zunahmen und dann allmählich auszuklingen schienen. Eine Ruhepause von 7 Tagen bezeichnete das Ende dieses 1. Erdbebenschwarmes. Am 17. Juli begann eine 2. Erdbebenperiode, die am 25. Juli ihre größte Schütterstärke in 2 Hauptstößen erreichte und mit abnehmbarer Intensität bis zum 21. August anhielt. Schon im Mai und Juni 1901 wurde das westliche Erzgebirge zum dritten Male innerhalb eines fünfjährigen Zeitraumes der Schauplatz einer

sich über mehrere Wochen erstreckenden seismischen Unruhe, die am 8. Mai anhob und sich mit Einschluß einer achttägigen Ruhepause (12.—19. Mai) bis zum 28. Juni erstreckte. Auch im Juli und August erfolgten noch Stöße, die von Knett in ihrer Gesamtheit ebenfalls als ein, wenn auch lockerer Schwarm aufgefaßt werden.

Sehr interessant ist, wie Prof. Diener hervorhebt, bei diesen Erdbebenschwärmen die auffallende Verteilung der Stoßpunkte auf bestimmte Zonen innerhalb des erschütterten Gebietes. »Wenn die Erdbeben des westlichen Erzgebirges einen tektonischen Charakter besitzen, das heißt, wenn wir sie uns entstanden denken wollen durch Krustenbewegungen an Dislokationen oder Störungslinien im Bau des Felsgerüstes, so müssen wir unter den Erdbeben solcher lange andauernden Schwarmperioden gerade derartige in großer Zahl erwarten, die durch Bewegungen in der Erdkruste an derselben Störungslinie entstanden, jedesmal dieselben in der Nähe befindlichen Ortschaften erschüttern. Solche bestimmte, wohl abgegrenzte Schütterzonen sind in dem egerländisch-vogtländischen Bebengebiete in der Tat vorhanden. Sie ordnen sich in zwei quer auf das Hauptstreichen des Erzgebirges gerichtete NNW—SSO verlaufende Zonen an. Das Zentrum der östlichen Schütterzone ist Graslitz, jenes der westlichen die Gegend zwischen Brambach-Fleißen und Asch. Die Längsachse des Gebietes stärkster Erschütterung überschreitet in keiner dieser beiden Regionen 20 *km*, was auf eine geringe Tiefe des eigentlichen Erdbebenherdes schließen läßt. Beide Schütterzonen sind bis zu einem gewissen Grade selbständig. In jeder derselben haben sich zahlreiche Erschütterungen abgespielt, die keinen nachweisbaren Einfluß auf das benachbarte Gebiet ausgeübt haben. Es ist aber auch eine andere, sehr eigentümliche Art der seismischen Betätigung beider Herde nachweisbar, indem sich in denselben häufig gleichzeitige Stöße ereignet haben, deren Verbreitungsgebiete durch eine zwischen beiden Herden eingeschaltete neutrale Zone geschieden werden. Bei den Erdbebenschwärmen der Jahre 1897 und 1900 wurden wiederholt in der Schütterregion von Brambach Erdbeben verzeichnet, die in Graslitz ebenfalls wahrgenommen wurden, nicht aber in den dazwischen liegenden Stationen. Ebenso verblieb bei Erschütterungen, die in Graslitz ihren Ausgang nahmen und in Brambach gefühlt wurden, die Zwischenzone von Schönbach als eine erdbebenfreie Brücke in vollständiger Ruhe. Uhlig deutet solche, in beiden Schütterzonen gleichzeitig auftretende, durch die Brücke von Schönbach unterbrochene Stöße als Relaisbeben, indem von dem einen Herde ausgehende seismische Bewegungen solche in dem andern Herde auslösten.

Die Beziehungen der transversalen Schütterzonen zum Baue des westlichen Erzgebirges sind unverkennbar. Eine ganze Reihe der wichtigsten Gebirgsstörungen folgt der gleichen, quer auf das Hauptstreichen des Gebirges sich erstreckenden Richtung. Die Lage solcher

Transversalstörungen wird bezeichnet durch die großen, das Erzgebirge gangförmig durchsetzenden Eruptivmassen, wie der Granitmasse von Neudeck und der Porphyrzüge von Klostergrab und Graupen, ferner durch die Quarzgänge oder Pfähle, die im westlichen Erzgebirge und im Karlsbader Gebirge so häufig sind. Die Westhälfte des Erzgebirges ist ausgezeichnet durch das Auftreten zahlreicher Quarzgänge, die oft wie mit dem Lineale gezogen fast geradlinig die verschiedenen archäischen Schichten durchsetzen. Manchmal haben sie eine Mächtigkeit bis zu mehrern Metern und ragen als sogenannte Teufelsmauern aus dem stärker abgewitterten Gesteine ihrer Umgebung wie Mauern heraus. Sie sind die Ausfüllung von Gangspalten und als solche die Denkmale großer linearer Dislokationen, die das Gebirge quer auf seine Streichrichtung betroffen haben. Der größte dieser Quarzgänge beginnt unweit Asch, zieht gegen Südosten quer durch den Granit und Glimmerschiefer des Fichtelgebirges, dann durch das Westende des Erzgebirges nördlich von Eger, verschwindet unter den jüngern Ausfüllungsmassen des Egerer Beckens, taucht wieder auf bei Sandau im Karlsbader Gebirge und endet bei Königswart, 40 *km* von seinem nordwestlichen Endpunkte. Dem Streichen dieser Quarzgänge entspricht der Verlauf der Schütterzonen des westlichen Erzgebirges.«

Auch auf die Nähe jungvulkanischer Bildungen im Egerer Becken, so der beiden Eruptionspunkte des Kammerbühls und des Eisenbühls und der Kohlensäureexhalationen des Franzensbader Moors weist Prof. Diener kurz hin.

»Bei dem Erdbebenschwarme des Jahres 1897 in Graslitz«, sagt er weiter, »machte sich eine auffallende Periodizität der Stöße bemerkbar, indem dieselben zumeist auf die Morgen- und Abendstunden, seltener auf Zwischenstunden fielen. Eine Beeinflussung der Stoßhäufigkeit durch die Stellung von Sonne und Mond nach Art der Gezeiten im Sinne der Hypothesen von Perrey und Falb ließ sich aber nicht nachweisen. Ebensowenig war ein Einfluß des Luftdruckes auf die seismischen Erscheinungen zu erkennen. Während der Erdbebenperiode des Jahres 1900 traten Schallphänomene in sehr ausgeprägter Weise hervor. Unterirdisches Rollen, auch ohne von wahrnehmbaren Erschütterungen begleitet zu sein, wurde außerordentlich häufig beobachtet.

Mit dem Eintritte einer jeden der drei erwähnten Erdbebenperioden in dem egerländisch-vogtländischen Schüttergebiete sind Befürchtungen über eine Einwirkung der Erdstöße auf die warmen Quellen der Thermalzone am Südfuße des Erzgebirges ausgesprochen worden. Diese Befürchtungen haben sich bisher als unbegründet erwiesen und dürften nach Prof. Diener auch ferner ohne Grund bleiben. Im Jahre 1897 hat Knett an den Thermen von Karlsbad sehr sorgfältige tägliche Temperatur- und Quantitätsmessungen vorgenommen. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, daß die Erd-

bebenschwärme des Oktober und November weder auf die Ergiebigkeit, noch auf die Temperatur der Karlsbader Thermen den geringsten Einfluß gezeigt haben. Ebensowenig hat sich ein solcher Einfluß bei den Erdbebenschwärmen der folgenden Jahre nachweisen lassen. Die Berichte aus Franzensbad, Marienbad und Königswart lauten ebenfalls durchaus negativ. Die volle Unabhängigkeit aller dieser Quellen von den egerländisch-vogtländischen Erdbeben, sagt Prof. Diener, erscheint durch zahlreiche genaue Beobachtungen erwiesen.

Über die Natur der Bodenbewegungen in großen Entfernungen von dem Erdbebenherde verbreitete sich Prof. Milne.[1]) Er kommt zu dem Ergebnis, daß die von einem Fernbeben stammenden langen Wellen, seien sie Oberflächen- oder Massenwellen, die Horizontalpendel eher durch horizontale Bodenbewegung als durch eine Bodenneigung in Schwingung versetzen. Milne stützt den Schluß auf folgende Wahrnehmungen:

1. Die Klinometer konnten bis jetzt eine Bodenneigung nicht nachweisen.

2. Wenn wir annehmen, daß die Diagramme der Horizontalpendel die Größe der Bodenneigung in Winkelmaß angeben, und wir aus der Periode der Wellen, die diese Bodenneigung verursachen, und aus der Geschwindigkeit, mit welcher diese Wellen fortschreiten — bei Annahme von einfacher harmonischer Bewegung —, deren Länge berechnen wollen, so haben wir alle Elemente zur Ermittlung der Wellenhöhe. Nun sind häufig die Höhen gleich ein oder zwei Fuß und stellen anscheinend ein Fünfzigstel der Beschleunigung der Schwerkraft dar. Die Größe dieses Maßes ist hinreichend, um den Verdacht aufkommen zu lassen, daß das den langen Wellen bis jetzt zugeschriebene Winkelmaß übertrieben hoch gehalten ist.

3. Der unbedeutende Nachweis einer Vertikalverschiebung auf Grund der Experimente.

4. Die Wahrnehmung Dr. F. Omoris, daß die Amplitude nicht abhängig ist von der Empfindlichkeit der Seismographen für Bodenneigungen, daß die Bewegungserscheinungen von Fernbeben eher auf transversale Horizontalverschiebung als auf undulatorische Wellenarten schließen lassen.

5. Die wenigen und unbedeutenden Diagramme, die von Pendeln nach dem Zweifadensysteme erhalten worden sind.

Von Wahrnehmungen, die aber das Gegenteil bekräftigen, daß nämlich die Oberflächenwellen undulatorische Wellen wären, führt Milne folgende an:

1. Undulatorische Oberflächenwellen treten in der innersten Schütterzone auf; solche sind aus der Bewegung des Wassers in Teichen und Seen, aus der Bewegung der Blasen in Wasserwagen,

[1]) Nature 1902 p. 202; Erdbebenwarte 2. p. 201.

aus der scheinbaren Bewegung der Sterne im Beobachtungsfelde der Teleskope und aus andern Erscheinungen, die viele Hunderte von Meilen außerhalb der innern Schütterzone nachgewiesen worden sind.

2. Die beinahe konstante Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die bei den langen Wellen ermittelt worden ist.

3. Die Beobachtungen, die nachweisen, daß die Größe des Seismogrammes abhängig ist von dessen Empfindlichkeit für Bodenneigungen.

Dieser Schluß widerspricht scheinbar jenem des Dr. Omori.

4. Spuren einer vertikalen Bewegung, die von Milne nachgewiesen wurde.

Im Hinblicke auf diese letztern Bemerkungen scheint es naheliegend, den Schluß zu ziehen, daß die langen Wellen einen gewissen undulatorischen Charakter haben, daß aber die vorausgesetzte Bodenneigung nicht von dem Ausmaße ist, wie sie gewöhnlich angenommen wird. In diesem Sinne will Milne die oben angezogene Ansicht ergänzt wissen. In den Diagrammen der Fernbeben sind zumindest zwei, wahrscheinlich 3 Bewegungsarten enthalten. Wie und auf welche Weise dieselben aufgezeichnet werden, hängt ganz vom Charakter des Instrumentes ab, durch welches die Aufzeichnung erfolgt. Unter der Annahme, daß die Vorphase Druckwellen (Compressions) darstellt, welche ihren Weg durch die Erde genommen haben, dürfte bei einem gewöhnlichen, langperiodischen Horizontalpendel die Aufzeichnung der Vorphase durch eine Kreiselbewegung von geringer Amplitude hervorgerufen sein. Die langen Wellen hingegen, von denen man annimmt, daß sie als seichte Undulationswellen um die Erde in oder unterhalb der Rinde derselben ziehen, zeichnen sich als weiterlaufende Verschiebungen, die als vergrößerte Folgeerscheinungen von außerordentlich kleinen Bodenneigungen zu betrachten sind. Ein Instrument von sehr kurzer Periode und starker Vergrößerung wird für die gleiche Störung ein Bild aufzeichnen, bei welchem die einleitende Vorphasenbewegung auffallend groß ausfallen wird, hingegen werden die langen Wellen ungemein klein sein oder ganz fehlen.

Erdbebenherdlinien. Bereits früher[1]) hat E. G. Harboe sich bemüht, die Unhaltbarkeit der bisherigen Anschauung von einer zentralen Ausbildung der großen Erdbeben, soweit die Erderschütterungen von einem einzigen Punkte, dem Epizentrum, ausgehen, besonders mittels der Zeitangaben nachzuweisen. Daselbst wurde deshalb als nächster Schritt der Übergang zur Annahme vorgeschlagen, daß die Erschütterungen von Linien auf der Erdoberfläche, Erdbebenherdlinien, oder besser von senkrechten Flächen durch diese Linien ausgegangen seien, und in betreff mehrerer Erdbeben ist nachgewiesen,

[1]) Vgl. dieses Jahrbuch 12. p. 244.

daß die Zeitangaben für dieselben sich sehr wohl in Übereinstimmung mit dieser Annahme bringen lassen. Selbstverständlich muß daher für jedes Erdbeben für sich ermittelt werden, auf welche Weise es entstanden ist und sich ausgebreitet hat. Der Umstand aber, daß die Annahme der genannten, linearen Ausbildungsweise sich nun schon für einander so fern gelegene Gegenden wie Japan, Vorderindien, Österreich-Ungarn, die Schweiz und Nordamerika als die annehmbarste erwiesen hat, macht ihre große Anwendbarkeit sehr wahrscheinlich.

Von Harboe wurde ferner die Möglichkeit einer Anwendung der Isoseismen zum Einzeichnen der Herdlinien in Aussicht gestellt, spätere Untersuchungen haben ihn indessen erkennen lassen, wie wenig tunlich dies ist, wenn man nicht nur die Hauptzüge, sondern auch die Einzelheiten des Laufes der Isoseismen berücksichtigen will.

Die Hauptbedingung für die Anwendbarkeit des Verfahrens im pleistoseisten Gebiete dürfte darin bestehen, daß die obersten Erdschichten in diesem Gebiete eine große Gleichartigkeit besitzen, und die anscheinende Anwendbarkeit desselben beim Charlestoner Erdbeben dürfte eben daher rühren, daß die Erdoberfläche durch das ganze pleistoseiste Gebiet dieses Erdbebens hindurch und noch weiter über dasselbe hinaus von mächtigen lockern Erdschichten gebildet ist. Außer den Wirkungen der Erschütterungen finden sich indessen im pleistoseisten Gebiete bisweilen Spuren von Bewegungen, welche nicht als Wirkungen der Erschütterungen betrachtet werden können, dagegen aber eine tiefere Bedeutung haben und deshalb sehr zuverlässigen Aufschluß über die Lage der entsprechenden Herdlinien im genannten Gebiete geben müssen. Hiermit sind besonders die großen Bruchlinien in der Erde gemeint, welche bisweilen bei Erdbeben entstehen und dann oft als die Ursache des betreffenden Erdbebens betrachtet wurden. Übereinstimmung zwischen den gefundenen Herdlinien und den Terrainformen leitete Verfasser früher zur Vermutung, daß die Herdlinien sowohl des Charlestoner Erdbebens am 31. August 1886, des indischen Erdbebens am 12. Juni 1897, des Agramer Erdbebens am 9. November 1880 als auch die des piemontesisch-westschweizerischen Erdbebens am 20. Januar 1891 Zerbrechungen der Erdrinde wegen Krümmung derselben über die Elastizitätsgrenze hinaus angäben. Weiter deuteten die nähern Umstände beim Agramer Erdbeben darauf, daß dieses Erdbeben durch eine Senkung der Erdrinde in den betreffenden Gegenden verursacht sei. Demnach liegt Veranlassung zur Untersuchung vor, welche Verhältnisse sich überhaupt bei Erdbeben geltend machen müssen, wenn dieselben durch langsame Niveauveränderungen der Erdrinde verursacht sind.

Hiermit beschäftigt sich Harboe in einer zweiten Studie.[1]) Er kommt zu der Anschauung, daß man dann die Erdbeben in 2 Haupt-

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. 6. p. 309.

gruppen trennen muß, nämlich in »Hebungsbeben«, d. h. solche, die durch mehr oder weniger örtliche Hebungen verursacht werden, und in »Senkungsbeben«, d. h. solche, die durch mehr oder weniger örtliche Senkungen verursacht werden.

Bezeichnet man Krümmungen mit aufwärts gerichteter Konvexität als positiv, solche mit aufwärts gerichteter Konkavität als negativ, so entstehen, wenn die Hebung oder Senkung einer Fläche bis zu einem gewissen Grade getrieben worden ist, »negative Bruchlinien« längs der negativen und »positive Bruchlinien« längs der positiven Krümmungen.

Aus dieser allgemeinen Betrachtung geht also erstens hervor, daß man bei Erdbeben positive und negative Herdlinien voneinander unterscheiden muß, weil die Herdlinien für die Erdrinde die erwähnten Bruchlinien werden. Die erstern können in der Erdoberfläche als mehr oder weniger hervortretende Berstungslinien und die letztern als mehr oder weniger hervortretende Zerquetschungslinien erkennbar sein. Sie können aber auch in der Erdoberfläche ganz unsichtbar sein. Die Zerquetschungen oder Berstungen finden sich in solchen Fällen entweder an der innern Seite der Erdrinde oder in den tiefern Schichten derselben. Selbst in den Fällen, wo die Herdlinien eigentlich in der Erdoberfläche erkennbar sein sollten, können sie jedoch oft von den dickern oder dünnern Erdschichten, welche ja meistens die eigentliche Erdoberfläche bilden, ganz verborgen werden, zu welcher der beiden Arten sie auch gehören mögen.

Verfasser führt eine Reihe von Beispielen an, die als positive und negative Erdbebenherdlinien gelten müssen. Er zeigt darin, daß die Herdlinien eines Erdbebens sich in 2 Gruppen ordnen müssen, indem die einen radiär vom pleistoseisten Gebiete ausgehen und deshalb passend die »radiären Herdlinien« genannt werden können, die andern aber dasselbe Gebiet umkreisen, weshalb man sie »peripherische Herdlinien« nennen kann.

Eine sichere Auffassung des Charakters eines Erdbebens erhält man erst mittels der Beschaffenheit der Herdlinien, wo diese mit hinlänglicher Sicherheit beurteilt werden kann. Aus der Betrachtung über die Verhältnisse beim Krümmen einer beliebigen Platte geht hervor, daß die radiären Herdlinien bei Hebungsbeben hauptsächlich positiv, die Senkungsbeben dagegen negativ, die peripherischen umgekehrt bei Hebungsbeben hauptsächlich negativ, bei Senkungsbeben positiv sein müssen. Die beiden indischen Erdbeben am 16. Juni 1819 und am 12. Juni 1897, die beiden griechischen am 26. Dezember 1861 und am 15. April 1894, das Riku-U-Beben, das Shonaibeben und das Mino-Owaribeben und wahrscheinlich auch das neuseeländische Erdbeben 1855 werden sämtlich Senkungsbeben gewesen sein, dagegen werden das kalabresische Erdbeben am 5. Februar 1783 und, weil das kalabresische Erdbeben am 16. November 1894, wie es von

A. Riccò nachgewiesen ist,[1]) eine vollständige, wenn auch etwas geschwächte Wiederholung desjenigen von 1783 war, auch dieses Erdbeben Hebungsbeben gewesen sein.

Vulkanausbrüche und sekundäre vulkanische Erscheinungen müssen an die positiven Herdlinien geknüpft sein, während die negativen Krümmungen der Erdrinde dieselben unterdrücken müssen. Harboe betrachtet diese Verhältnisse an der Hand vieler Beispiele näher und stellt die Verbindung der Erdbeben mit den jetzt vorgehenden Niveauveränderungen dar. Erschütterungen der Erdrinde können indessen auch vielfach auf andere Weise als durch Niveauveränderungen hervorgerufen werden. Der Reichtum an Spalten in einer verhältnismäßig sehr geringen Tiefe unter der Erdoberfläche, auf welchem die Diamantbrunnen N. A. E. Nordenskjölds[2]) basiert sind, könnte z. B. für das Entstehen von Erdbeben durch Bewegungen allein in den obersten Schichten der Erdrinde sprechen, welche durch Temperaturveränderungen usw. verursacht wären. Erdbeben, welche auf diese und auf andere denkbare Weise verursacht werden, sind nach Harboe wohl nur unbedeutend im Vergleiche mit denjenigen, welche durch Niveauveränderungen erzeugt werden. Verwechslungen können jedoch keineswegs als ausgeschlossen betrachtet werden, wenn man nur die Größe des Erdbebens berücksichtigt. Die Herdlinientheorie möge nun entweder gar nicht oder nur in mehr oder weniger geänderter Gestalt auf diese andern Erdbebenursachen anwendbar sein, so wird es doch sehr wahrscheinlich, daß sie ein wertvolles Hilfsmittel abgeben wird, um die verschiedenen Erdbebenursachen voneinander zu unterscheiden.

Die ersten Resultate der Beobachtungen am Pendelseismographen im Pribramer Bergwerke. Die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien hat veranlaßt, daß in zwei verschiedenen Tiefen des Pribramer Bergwerkes Seismographen aufgestellt worden sind. Einen Bericht über diese und die ersten Ergebnisse der Aufzeichnungen hat Dr. Hans Benndorf der Wiener Akademie eingesandt, und teilt der Akademische Anzeiger daraus folgendes mit:

Die jüngst erfolgte Aufstellung zweier Seismographen in einer nicht unerheblichen Vertikaldistanz an ein und demselben Orte darf insofern als ein Fortschritt in der praktischen Seismik angesehen werden, als damit überhaupt zum ersten Male der Versuch gemacht wird, Aufschluß über die bei Erdbeben eintretenden Verschiebungen im Innern der äußersten Erdrinde zu erhalten.

Bei der Auswahl der Apparate entschied man sich, da photographische Registrierung aus praktischen Gründen ausgeschlossen war, für den Wiechertschen 1200 *kg* schweren Pendelseismographen.

[1]) Rendiconti della R. Accademia dei Lincei 1899. 5.

[2]) Compt. rend. 1895. 120.

Es gelangten zwei im Wesen identische Apparate zur Aufstellung; sie unterscheiden sich nur dadurch, daß der eine für dreitägige, der andere für eintägige Registrierung eingerichtet ist.

Die Montierung der Apparate, sowie die Einrichtung der ganzen Station war mit mannigfachen, zum Teile unerwarteten Schwierigkeiten verknüpft, so daß die Arbeit sich über ein Vierteljahr ausdehnte. Die Durchführung ist überhaupt nur möglich gewesen durch die ausgiebige Unterstützung von seiten der k. k. Bergdirektion in Pribram.

Was zunächst den Aufstellungsort der Pendel anlangt, so ist der oberirdische auf einer Anhöhe des Bickenberges, etwa 100 *m* östlich vom Adalbertschachte des Pribramer Bergwerkes in einem eigens erbauten steinernen Häuschen untergebracht. Das Instrument steht auf einem Steinpfeiler, der auf dem 4 *m* unter der Erdoberfläche anstehenden Felsen fundiert ist. In diesem Häuschen befindet sich zugleich die Uhr, welche die Kontakte für die hintereinander geschalteten Zeitmarkierungsvorrichtungen beider Pendel liefert, die verschiedenen Batterien und eine Telegraphenstation, mittels welcher in späterer Zeit ein direktes Zeitsignal von der Wiener Sternwarte zur Kontrolle der Uhr übermittelt werden soll. Auch die Fixierungsvorrichtung für die berußten Streifen ist im Häuschen untergebracht.

Die elektrische Verbindung der Magnete der Zeitmarkierer beider Pendel ist durch 2 Kupferdrähte von je 2 *qmm* Querschnitt hergestellt und hat eine Länge von ca. 2600 *m*. Die Leitung geht vom Pendelraume als Luftleitung zum Adalbertschachte; im Schachte selbst sind die Kupferdrähte durch Blei- und Eisenmäntel vor zerstörenden Einflüssen geschützt. Vom Grunde des Schachtes aus laufen die Drähte in einfacher Guttaperchaumhüllung weiter bis zum 2. Instrumente.

Der obertags aufgestellte Apparat ist so justiert, daß die Periode der Eigenschwingung etwa 13 Sek., die Vergrößerung 250fach und das Dämpfungsverhältnis 5 ist

Die Bedingungen für das Funktionieren des Seismographen sind keine besonders günstigen; erstens bewirken die unvermeidlichen Temperaturschwankungen ein dauerndes, sehr langsames Hin- und Herwandern der Zeiger, das vom Beobachter täglich durch Ausbalanzieren des Pendels mittels kleiner Gewichte ausgeglichen werden muß; zweitens bewirken die Maschinen der Erzaufbereitung, die etwa 200—300 *m* entfernt ist, in den Tagesstunden ein fortdauerndes Erzittern des Erdbodens, das fortdauernde Ausschläge des Instrumentes mit Amplituden von 2 *mm* und einer Periode von 8—9 Sek. zur Folge hat.

Außerdem werden durch das Wasch- und Quetschwerk sehr rasche Erschütterungen des Bodens hervorgerufen, die an einer Verbreiterung der Kurven des Seismographen während der Tagesstunden erkenntlich sind. Die Nachtstunden und die Mittagsstunde sind störungsfrei.

Der Apparat registriert seit 1. Februar 1903; es liegen bis jetzt Diagramme bis zum 7. März vor.

Das unterirdische Seismometer ist in einer eigens ausgesprengten und ausgemauerten Kammer untergebracht; auf dem untersten Horizonte des Pribramer Bergwerkes führt vom Adalbertschachte ein blind endender Querschlag nach Osten; etwa 200 *m* vom Schachte entfernt ist von dem Querschlage ein 20 *m* langer Gang nach Süden zu getrieben, der zu dem Pendelarme führt. Das untere Instrument steht etwa 1115 *m* unterhalb und 50 *m* östlich von dem oberirdischen. Die Gesteinsmasse zwischen beiden Pendeln ist Grauwacke und nicht durch Erz führende Gänge unterbrochen,

Außer dem Seismographen, der vorläufig etwas geringere Empfindlichkeit besitzt als die obere, ist in der Kammer noch der Fixierungsapparat für die Diagramme aufgestellt.

Von der Feuchtigkeit abgesehen, die übrigens durch ausgiebige Chlorkalziumtrocknung bereits auf ein unschädliches Maß herabgedrückt ist, sind die Funktionsbedingungen des untern Pendels sehr günstige infolge der konstanten Temperatur (28° C.); auch hat sich die Befürchtung, daß die Dynamitsprengschüsse im Bergwerke stören würden, nicht erfüllt. Wohl infolge der kurzen Dauer und kurzen Periode der durch die Schüsse ausgelösten Erschütterungen wurden sie vom Apparate nicht aufgezeichnet.

Der unterirdische Seismograph registriert mit Zeitmarkierung seit dem 24. Februar; Diagramme liegen bis zum 6. März vor.

Trotzdem die gleichzeitige Registrierung beider Pendel kaum 14 Tage läuft, läßt sich bereits eine Reihe interessanter Tatsachen erkennen, die im folgenden kurz erwähnt werden mögen.

Die Zeitangaben beziehen sich auf mitteleuropäische Zeit und können bis auf eine Minute falsch sein, da die Uhr nur durch das ziemlich ungenaue Mittagszeichen der Zweigbahn Protivin-Zditz kontrolliert werden konnte.

I. Mikroseismische Bewegungen (Pulsationen). Vom 24. Februar bis 6. März sind täglich an beiden Pendeln fortdauernde Pulsationen zu beobachten, die an einzelnen Tagen besonders stark wurden (25. Februar, 2. März).

Der untere Apparat zeigt entschieden schwächere Bewegungen an als der obere. Lokale Stürme sind ohne Einfluß auf die Pulsationen.

II. Fernbeben. Es gelangten an beiden Apparaten eine Reihe von Fernbeben zur Registrierung, von denen das größte am 26. Februar.

Die Entfernung des Epizentrums dürfte nach Dr. Benndorf etwa 4000 *km* betragen. Das Beben begann am 26. Februar um $14^h\ 7^m$ und dauerte etwa bis $16^h\ 10^m$. Vorbeben, Hauptbeben und Nachbeben lassen sich etwa durch die Zeiten $14^h\ 7^m$, $15^h\ 12^m$, $15^h\ 25^m$, $16^h\ 10^m$ abgrenzen.

Vergleicht man die Kurven des Bebens am obern und untern Apparate, so ergibt sich das interessante Resultat, daß sie in allen Details genau miteinander übereinstimmen mit dem einzigen Unterschiede, daß die Amplituden unten etwas kleiner sind; ob dies auf die geringere Empfindlichkeit des untern Pendels allein zurückgeführt werden kann, können nur sorgfältige Ausmessungen der Kurven, die viel Zeit in Anspruch nehmen, ergeben.

Auf jeden Fall ist diese Übereinstimmung der Diagramme ein Zeichen für die staunenswerte Präzision, mit der die Apparate arbeiten, und zugleich, was besonders wichtig erscheint, der erste Beweis dafür, daß wirklich beträchtliche Massen des Erdbodens gleichmäßig in Bewegung begriffen sind. Auch die andern Fernbeben, die bedeutend kürzer sind, geben beide Pendel identisch wieder.

III. Nahebeben. Es ist erwähnenswert, daß die Instrumente von den nordböhmischen Erdbeben fast nichts erkennen lassen. Nur mit der Lupe gelang es Dr. Benndorf, am 4. März um $13^{h}\ 50^{m}$ und am 7. März um $19^{h}\ 22^{m}$ charakteristische Verbreiterungen der Kurven aufzufinden, die Nahebeben ihren Ursprung verdanken; sie wurden von beiden Pendeln zur gleichen Zeit aufgezeichnet, und da die ganze Verbreiterung nur etwa 1 *mm* lang und 0.3 *mm* breit ist, läßt sich über das Intensitätsverhältnis nichts aussagen.

Die mikroseismische Pendelunruhe und ihr Zusammenhang mit Wind und Luftdruck behandelt E. Mazelle.[1]) Die kontinuierlichen Aufzeichnungen eines photographisch registrierenden Rebeur-Ehlertschen Horizontalpendels, welches an der seismischen Station der Akademie der Wissenschaften am k. k. astronomisch-meteorologischen Observatorium in Triest aufgestellt ist, wurden herangezogen, um außer der täglichen Periode der mikroseismischen Pendelbewegung auch den eventuellen Zusammenhang dieser schwachen Bodenoszillationen mit dem Winde und Luftdrucke festzustellen.

Nachstehend werden in knapp gefaßter Form die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen mitgeteilt:

1. Die mikroseismische Pendelunruhe zeigt eine ausgesprochene jährliche Periode, das Maximum im Winter, fast gänzliches Fehlen im Sommer.

2. Die tägliche Periode zeigt eine einfache Schwankung; das Maximum ist vormittags zwischen 9 und 10 Uhr zu bemerken, das Minimum am Abende zwischen 9 und 10 Uhr.

Wird dieser Gang durch Sinusreihen dargestellt, so zeigt das größere erste Glied (ganztägige Periode) eine volle Übereinstimmung der Phasenzeit mit jener für die stürmische Bora in Triest berechneten Sinusreihe.

3. Die Pendelunruhe kommt im allgemeinen sowohl an Tagen mit hohem, als mit tiefem lokalen Barometerstande vor; Tage ohne Pendelunruhe sind jedoch mit größerer Wahrscheinlichkeit bei hohem

[1]) Anzeiger der Wiener Akademie 1908. 2. p. 10.

Luftdrucke zu beobachten. Besonders ausgeprägte Pendelunruhe zeigt sich mit einer etwas größern Wahrscheinlichkeit mit niederm Luftdrucke verbunden.

4. Ein direkter Zusammenhang mit der im Orte herrschenden Windstärke läßt sich nicht nachweisen; es kann nur hervorgehoben werden, daß starke Winde häufiger mit starker Pendelunruhe verbunden auftreten. An Tagen mit äußerst schwacher Pendelbewegung sind kleine Windgeschwindigkeiten vorherrschend.

5. Sowohl für die Tage mit Pendelunruhe als auch für die ohne mikroseismische Bewegung wurden die Lage und Bewegungsrichtung der Zyklonen und Antizyklonen über Europa aufgesucht. Es ergibt sich, daß bei beiden Typen gut ausgeprägte barometrische Maxima oder Minima vorzufinden sind. Nur bei 2°/₀ sämtlicher Tage mit Pendelunruhe kommt keine besonders ausgeprägte Zyklone oder Antizyklone vor, während solche an den Tagen ohne Pendelunruhe auch nur bei 8 von 100 Beobachtungen fehlen. Bei einer weitern Trennung der Fälle läßt sich auch kein Unterschied in der Luftdruckverteilung nachweisen, im Gegenteil eine ganz auffällige Übereinstimmung bei beiden Typen. So finden sich z. B. Antizyklonen mit einem Barometerstande von 770 *mm* oder darüber mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.75 an den Tagen mit Pendelunruhe und mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.76 bei Pendelruhe. Für das gleichzeitige Auftreten von barometrischen Maxima und Minima läßt sich eine Wahrscheinlichkeit von 0.46 und 0.47 bei beiden Typen, Pendelunruhe und Pendelruhe nachweisen. Nur für das Vorkommen einer starken Zyklone, mit einem Barometerstande von 745 *mm* oder darunter, über Europa ist die Wahrscheinlichkeit an den Tagen mit Pendelunruhe etwas größer als an den mikroseismisch ruhigen Tagen, 0.23 gegen 0.17.

Wenn die Extreme des Luftdruckes über Europa untersucht werden, so zeigt sich, daß der außerordentlich hohe Luftdruck vorwiegender an den Tagen ohne Pendelunruhe zu finden ist, die am stärksten ausgebildeten barometrischen Depressionen hingegen an Tagen mit mikroseismischer Bewegung; allerdings ist der resultierende Unterschied sehr klein, im ersten Falle 10 gegen 17°/₀, im zweiten 31 gegen 25.

Werden die Luftdruckdifferenzen in Rechnung gezogen, so ergibt sich, daß bei kleinern Luftdruckunterschieden die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen von mikroseismisch ruhigen Tagen größer wird, bei den größern Luftdruckdifferenzen hingegen die Wahrscheinlichkeit für die mikroseismisch bewegten Tage zunimmt.

Aus der Untersuchung der Lage der Zyklonen und Antizyklonen läßt sich hervorheben, daß die Lage der barometrischen Maxima an mikroseismisch ruhigen Tagen annähernd dieselbe ist, wie an mikroseismisch bewegten Tagen, nur die Luftdruckminima würden an mikroseismisch bewegten Tagen mit größerer Wahrscheinlichkeit im W, SW und S Europas vorzufinden sein, während eine nordöstliche Lage der Minima eher an den Tagen mit Pendelruhe zu bemerken wäre.

6. Um einen eventuellen Zusammenhang zwischen der Meeresbewegung und der mikroseismischen Pendelunruhe nachweisen zu können, wurde für 12 Orte der österreichischen Küste der Seezustand herangezogen. Es zeigt sich, daß sowohl an mikroseismisch ruhigen als an mikroseismisch bewegten Tagen glatte, wie auch bewegte See vorkommen können, doch läßt sich nachweisen, daß für die mikroseismisch unruhigen Tage mit größerer Wahrscheinlichkeit bewegtere See zu finden ist, hingegen glatte See für die mikroseismisch ruhigen Tage mit größerer Wahrscheinlichkeit vorkommt.

7. Wenn berücksichtigt wird, daß, wie oben nachgewiesen, starke barometrische Depressionen mit etwas größerer Wahrscheinlichkeit an Tagen mit Pendelunruhe vorkommen, diese Depressionen aber infolge ihres raschen Vorüberganges heftige Luftdruckänderungen mit sich bringen, daß außerdem, wie gezeigt wurde, die im W, SW und S Europas liegenden barometrischen Minima eher an den Tagen mit mikroseismischer Unruhe vorkommen, gerade diese Zyklonen aber, infolge ihrer gewöhnlich ostwärts gerichteten Fortpflanzungsrichtung, starke Schwankungen des Luftdruckes über dem Kontinente hervorrufen, so drängt sich der Gedanke auf, daß vielleicht eine plötzliche, starke Änderung des Luftdruckes als die primäre Ursache für die mikroseismische Bodenbewegung anzunehmen sei. Um einen diesbezüglichen Zusammenhang nachzuweisen, wurde für siebzehn ausgewählte Orte Europas die Änderung des Luftdruckes von einem Tage zum andern bestimmt und gefunden, daß jeder Zunahme der mikroseismischen Pendelunruhe auch ausnahmslos eine größere Luftdruckänderung entspricht. Doch gibt es umgekehrt Fälle (24 unter 100), an welchen bei größerer Luftdruckdifferenz eine mikroseismische Bewegung nicht zu bemerken ist, doch sind an diesen Tagen entweder der lokale oder der allgemeine barometrische Gradient, meistenteils beide schwach oder in Abnahme begriffen und die Windstärke zu Triest stets klein, gewöhnlich von geradezu minimaler Größe.

Mit dieser Untersuchung wurde gleichzeitig der Vergleich mit dem allgemeinen und lokalen barometrischen Gradienten verbunden und gefunden, daß der Verlauf der mikroseismischen Bewegung mit diesen Gradienten sich lange nicht so übereinstimmend ergibt, wie mit der Änderung des Auftdruckes von einem Tage zum andern.

Wenn wirklich, wie es den Anschein hat, jede größere Luftdruckänderung über Europa eine mikroseismische Bodenbewegung mit sich bringt, so müßte die davon abhängige Pendelunruhe auch an andern Orten gleichzeitig zur Beobachtung gelangen. Vergleiche mit Straßburg ergeben, aus den wenigen zur Verfügung stehende Daten, eine vollständige Übereinstimmung.

Über die Ursachen der Erdbeben hat Prof. Branco, gelegentlich einer Festrede in der Berliner Universität seine Anschauungen ausgesprochen. Nach ihm sind es die antogonistischen Kräfte des Wassers

und des Feuers, welche Erderschütterungen veranlassen. »Diejenigen Beben, welche dem Wasser ihre Entstehung verdanken, sind nach jeder Richtung hin minderwertig, an Zahl sind sie ziemlich gering, ihre Intensität ist freilich manchmal recht groß, aber ihre Ausdehnung an der Erdoberfläche ist verschwindend klein, ihr Ausgangsherd liegt in geringer Tiefe und ist punktförmig. Die Entstehungsursache liegt hier in dem Einsturze unterirdischer Höhlen, vielleicht auch einmal in dem Sichsetzen ausgelaugter Schichten, die das Wasser durch seine auflösenden Kräfte schuf. Man nennt sie daher Einsturzbeben. Die zweite bebenerzeugende Kraft ist die vulkanische; nach ihr bezeichnet man diese Art von Erderschütterungen als vulkanische Beben. Wenn in den langen Ausbruchsröhren der Vulkane, die in die Tiefe niedersetzen, der Schmelzfluß in die Höhe steigt bezw. gepreßt wird, dann führt er meist große Mengen von ihm absorbierter Gase mit sich.

Ein Teil derselben stammt von der Urzeit her, in der die Erde ein ebenso heißer, feuerflüssiger Ball gewesen, wie die Sonne es noch heute ist. Wie deren Elemente heute noch fortwährend verdampfen, so auch damals die der Erde; und hierbei wurden die Dämpfe der Erde wiederum zum Teile vom Schmelzflusse festgehalten, absorbiert. Ein anderer Teil der Gase jedoch entsteht wohl erst durch die Berührung des aufsteigenden Schmelzflusses mit dem Wasser, welches die Erdrinde durchtränkt, das sich aber auch bisweilen in weiten Hohlräumen der Erdkruste in größern Massen angesammelt findet.

Die plötzliche Verwandlung solcher größern Wassermassen durch aufsteigenden Schmelzfluß in Dampf kann Explosionen so gewaltiger Natur erzeugen, daß der Vulkanberg zum größern oder kleinern Teile plötzlich in die Luft fliegt (Bandai San). Hierbei entsteht natürlich eine starke Erschütterung des Berges. Nur ausnahmsweise aber handelt es sich bei den Vulkanen um so gewaltige und folgenschwere Explosionen.«

Eine 3. Art Erdbeben sind die Dislokationsbeben, entstehend durch die Bewegung riesiger Erdschollen infolge des Prozesses der Abkühlung des Erdballes. Diese Dislokationsbeben, die also Folgen oder Begleiter gebirgsbildender Vorgänge sind, sind heute die häufigsten und ausgebreitetsten. Sie waren es zweifellos auch in der Urzeit, ja damals in noch höherm Maße als heute. Sie haben natürlich kein Zentrum, sondern ihren eigentlichen Herd bilden weithin sich ziehende Spaltenwände, und man muß annehmen, daß diese Erdbeben über gewissen Linien entstehen, die sich an der Erdoberfläche durch das erschütterte Gebiet hinziehen.

Branco verwirft durchaus die Hypothese, welche die Erdbeben auf gewaltige Springfluten des glühendflüssigen Erdinnern zurückführen will. »Trotzdem aber«, sagt er mit Recht, »besteht wirklich die Möglichkeit, daß Sonne und Mond auf Erdbeben einwirken können.

Jedoch nicht in der Weise, daß sie die letzte Ursache derselben sind, also dieselben erzeugen, sondern nur in der, daß sie beschleunigend einwirken auf den Ausbruch eines tektonischen Bebens, welches auch ohne dies, aber erst in späterer Zeit, eingetreten sein würde. Denn die feste Erdrinde ist nicht absolut starr, sondern folgt der vereinigten Anziehung von Sonne und Mond, wenn auch nur in minimaler Weise. Ist die Konstellation nun so, daß besonders starke Springfluten des Wassers entstehen (Neumond, Erdnähe des Mondes, Sonnennähe der Erde), dann wird die ansaugende Kraft der beiden Gestirne in stärkerer Weise auch auf die feste Erdrinde wirken. Wenn daher die Schollen der Erdrinde an irgend einem Punkte infolge der Abkühlung des Erdinnern derart in Spannung sich befinden, daß sie in einiger Zeit eine der vorhin geschilderten Bewegungen oder einen neuen Bruch erleiden würden, so kann durch die ansaugende Kraft der beiden Gestirne diese Bewegung, bezw. der Bruch sofort bewirkt werden. Gerade ebenso wie ein bis an die Grenze seiner Tragfähigkeit belasteter Balken brechen wird, sowie die Belastung nur um ein Geringstes noch vermehrt wird, so bricht dann die Erde.

Wenn aber die Erdrinde sich an dem betreffenden Punkte noch nicht so nahe an diesem Stadium befindet, so ist alle ansaugende Kraft von Sonne und Mond nicht imstande, ein Erdbeben zu erzeugen, weil sie zu gering ist, um allein aus sich heraus solche Schollenbewegungen hervorzurufen. So kommt es, daß der Eintritt der Beben sich eben nicht sicher vorher berechnen läßt, daß aber dennoch manchmal die Vorherberechnung wirklich eintreten kann.

Dieselbe Art und Weise der Wirkung hält Branco auch bei einem Cyklon für denkbar. Diese Wirbelstürme von gewaltigem Durchmesser führen in ihrem Innern einen wesentlich geringern Luftdruck mit sich, als in ihrer Peripherie. Sie wirken daher ebenfalls, wie Sonne und Mond, ansaugend auf die Erde, gleich einem riesigen Schröpfkopfe von mehreren 100 Meilen Durchmesser. In der Tat sind nicht selten Erdbeben eingetreten, während ein Cyklon über die betreffende Gegend dahinraste, so daß man nicht immer an ein zufälliges Zusammentreffen denken kann, sondern das Beben bisweilen als Folgewirkung des Cyklons betrachten darf.

Während so ein ohnehin bevorstehendes, tektonisches Beben durch eine Veränderung des atmosphärischen Gleichgewichtes zum sofortigen Losbrechen veranlaßt werden kann, ist, wie Branco meint, auch umgekehrt das Erdbeben imstande, unter Umständen seinerseits gewisse andere atmosphärische Veränderungen zu erzeugen. »Durch die aus der Tiefe heraufkommenden Stöße erhält natürlich auch die auf der Erdoberfläche ruhende Luftsäule die Stöße: Über dem ganzen Gebiete, das von dem Beben betroffen wird, muß also die Luft in die Höhe geschleudert werden, und ganz besonders muß das im Epizentrum der Fall sein. Indem die Luft hier besonders stark in die Höhe geschleudert wird, erleidet sie plötzlich eine entsprechend starke Ver-

dünnung. Damit aber geht eine plötzliche Temperaturerniedrigung Hand in Hand. Wenn nun zufällig in höhern Luftschichten viel Wasserdampf vorhanden ist, so wird dieser sich schnell kondensieren. So läßt es sich erklären, daß der vor dem Beben klare Himmel sich nach demselben bisweilen schnell mit Wolken überzieht, aus denen Regen, bezw. Hagel niederfällt. Auch das Aufzucken von Blitzen läßt sich erklären durch die plötzliche Kondensation.«

Diesen Ausführungen dürften die Meteorologen aber schwerlich großen Beifall schenken, denn die Bodenstöße sind in vertikaler Richtung stets viel zu unbedeutend, um merkliche Luftdruckveränderungen oder Windstöße hervorzurufen, geschweige denn dadurch veranlaßte Temperaturerniedrigungen.

Prof. Branco hält es für möglich, daß in unsern Vorstellungen über die Entstehungsursache der Erdbeben sich vielleicht in Zukunft eine Verschiebung in der Richtung vollziehen werde, daß, ganz wie bei dem Vulkanismus, eine größere Unabhängigkeit von den gebirgsbildenden Vorgängen schließlich erkannt würde. Freilich nicht in der Weise völliger Unabhängigkeit, wie bei dem Vulkanismus, welcher auch durch eigene Kraft des Schmelzflusses und seiner Gase sich zu befreien und zu betätigen vermöge, denn das Erdbeben werde stets von einem der andern Faktoren abhängig bleiben; sondern nur in der Weise, daß die Abhängigkeit bis zu einem gewissen Grade verschoben würde von der gebirgsbildenden zu der vulkanischen Kraft. Eine sehr wesentliche Stütze der jetzt herrschenden Anschauung, nach welcher die ganz überwiegende Ursache aller Beben in Dislokationen zu suchen sei, kommt, wie Branco glaubt, ins Wanken. Gestützt auf die Methoden, die nacheinander besonders Mallet, v. Seebach, Dutton und Hayden angegeben, hatte man die Überzeugung gewonnen, die Ausgangspunkte der Erdbeben seien in nur relativ geringer Tiefe, zwischen 10—20 *km* zu suchen. Diese Tiefe aber ist so gering, daß man unmöglich an die tiefer liegenden vulkanischen Kräfte denken könnte, während hingegen eine so geringe Tiefe gerade auf absinkende Schollen, also tektonische Vorgänge zurückführbar erscheint. Indessen sagt Branco mit Recht, es sei nicht einzusehen, warum eine absinkende Scholle erst in der Tiefe von 7 oder 10—20 *km* eine Reibung verursachen sollte. Es müsse doch bei Schollenbewegungen gleich von der Tagesfläche an, oder doch nur wenig unterhalb derselben, Reibung eintreten; und warum sollte diese Reibung nur bis höchstens 10—20 *km* Tiefe hinab sich geltend machen? Allerdings lasse sich unmöglich diejenige Tiefe auch nur annähernd genau angeben, bis zu welcher die Erdschollen noch hart und fest genug sind, um durch ihre Reibung bei tektonischen Vorgängen noch erschüttert zu werden; und unterhalb welcher die Schollen, durch die Wärme des Erdinnern, bereits so erweicht sind, daß eine Bewegung derselben keine nennenswerte Erschütterung mehr erzeuge, aber ungefähre Anschauungen werde man sich doch bilden können.

Unter der Annahme, daß die Gesteine bei 1200° C. schmelzen, und die Wärmezunahme nach dem Erdinnern (in den obern Teufen) proportional der Tiefe wachse, für je 33 *m* Tiefe um 1° C. findet sich eine Wärme von 1200° C. erst in ungefähr 40 000 *m* Tiefe; ganz abgesehen von der den Schmelzpunkt entweder erhöhenden oder erniedrigenden Wirkung des mit der Tiefe wachsenden Druckes und von der den Schmelzpunkt jedenfalls erniedrigenden Beimengung von Wasser zum Schmelzflusse. Obgleich sich daher auch eine unterste Grenze der Tiefe nicht genau angeben lasse, bis zu der hinab die Schollen noch hart genug seien, um bei starker Reibung zu erzittern, so spreche nach obigem die Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese Tiefe immerhin größer sein müsse als 10—20 000 *m*, in welcher etwa 300—600° C. Hitze herrschen.

Wenn mithin gefolgert wird, die bei einer Anzahl von Erdbeben berechnete Tiefe des Herdes zwischen 10—20 000 *m* sei beweisend dafür, daß hier ein tektonisches Beben vorliege, so erscheint Prof. Branco dieser Beweis nicht recht einleuchtend; vielmehr müßte bei tektonischen Beben der Ausgangspunkt in Tiefen zwischen fast Null Meter und weit über 10—20 000 *m* liegen.

Endlich bemerkt Prof. Branco, daß auch die ganze Berechnungsmethode der Tiefe des Erdbebenherdes nicht einwurfsfrei ist, ja man könne sie direkt als unrichtig bezeichnen. Sie gründe sich nämlich auf die Voraussetzung, daß die Erdbebenwellen konzentrischen Kugeln von gleichgroßen Abständen angehören und die Stoßstrahlen senkrecht zu jenen stehen. Diese Annahme ist aber unzulässig, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gleichzeitig von der Elastizität und Dichte des Mediums, in dem sie stattfindet, abhängt. Es muß aber der Elastizitätsfaktor mit wachsender Tiefe sich darum ändern, weil mit dieser der Druck, welchem die Gesteine unterliegen, wächst. Daraus folgerte Prof. A. Schmidt das Gegenteil von der bisher geltenden Anschauung und zeigte, daß die Homoseisten nicht konzentrische, sondern vielmehr exzentrische Flächen sind, deren Abstände nach der Tiefe zu größer werden, weil die Elastizität mit der Tiefe wächst; und daß die Stoßstrahlen nicht gerade, sondern krumme, nach unten konvexe Linien sind. So ergab sich eine völlig andere Tiefe des Bebenherdes als nach der bisherigen Auffassung. A. Schmidt fand in zwei bestimmten Fällen statt der bisher berechneten geringen Tiefe von 18 *km* eine solche von 37—74 *km*, nämlich bei dem mitteldeutschen Beben von 1872. Sodann anstatt der bisher berechneten von 13—19 *km* die großen Tiefen von 107—120 *km* bei dem Charlestonbeben 1886. Das aber, namentlich letztere, sind so gewaltige Tiefen, daß Branco auf Grund obiger Ausführungen hier entschieden weit mehr an vulkanische Kräfte als an absinkende Schollen denken möchte. Dürfte man, sagt er, nun diese neue Auffassung verallgemeinern, was aber natürlich nicht ohne weiteres angeht, dann würde sich allem Anscheine nach für sehr viele Beben

ein tiefgelegener Herd anstatt eines flachen, folglich keine tektonische, sondern eine vulkanische Ursache ergeben. Namentlich für alle Beben, welchen ein sehr großes Ausbreitungsgebiet zukommt, ist überhaupt von vornherein eine große Tiefe des Herdes und damit eine vulkanische Ursache des Bebens wahrscheinlich.

Maaß hat sich freilich gegen diese von A. Schmidt gegebenen neuen Auschauungen gewendet. Er stützt sich auf einige Untersuchungen, die in Japan am Boden einiger 10—18 Fuß tiefen Brunnen gemacht wurden. Dort soll sich auch gezeigt haben, daß in diesen Tiefen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen geringer war, als an der Oberfläche, und er folgert aus diesen Angaben, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit allgemein mit der Tiefe abnehme.

Unter der willkürlichen Annahme, daß diese Abnahme proportional der Tiefe stattfinde, erhält Maaß zwar natürlich auch exzentrische Wellenflächen; aber deren Abstand wird, im Gegensatze zu dem Verhalten von A. Schmidts Homoseisten, mit der Tiefe kleiner; und die Stoßstrahlen sind dann nach unten konkav anstatt konvex. Weil wir indessen über das Gesetz, nach welchem diese Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach der Tiefe hin erfolge, noch nichts Sicheres wissen, so ist nach Maaß eine auch nur angenäherte Bestimmung der Tiefe des Bebenherdes bisher unmöglich.

Indessen meint Branco, die unzureichenden Beobachtungen, auf welche Maaß sich stützt, genügten doch keineswegs, um die Überzeugung zu entkräften, daß mit zunehmender Tiefe, ceteris paribus, die Elastizität, folglich auch die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen, größer werde; und um die daraus sich ergebende festgestellte Tatsache zu entkräften, daß vielfach auch an der Oberfläche die Geschwindigkeit mit der Entfernung vom Epizentrum größer wird. Sei dem aber so, dann bleibe die durch A. Schmidt, im Gegensatze zu Mallet, v. Seebach u. a. berechnete, sehr bedeutende Tiefe des Bebenherdes völlig zu Recht bestehen. Damit jedoch wachse nun der Anteil, welchen man den vulkanischen Kräften bei der Entstehung der Erdbeben zuschreiben müßte. Ob man hierbei nur an Explosionen vulkanischer Gase, bezw. von Wassermassen, oder ob man auch an Vorgänge denken wolle, wie sie A. Schmidt auf dem Geographentage in Jena als mögliche Ursache der Beben anführte — Überkühlung flüssiger Silikatmassen, die unter rascher Volumenvergrößerung erstarren — das ist nach Branco eine Nebensache. Denn auch in letzterm Falle läge die Ursache des Bebens nicht etwa in Schollenbewegungen infolge von tektonischen Vorgängen, d. h. die betreffenden Beben seien keineswegs als tektonische in dem bisherigen Sinne zu betrachten; sondern sie läge in dem Verhalten des Magmas, sie wäre mithin als eine vulkanische anzusehen.

Auch Gerland vertritt jetzt die Ansicht von der vulkanischen Natur vieler, bisher für tektonisch erklärter Beben, weil der Herd derselben so tief liege.

Indessen betont Prof. Branco, daß mit dem Gesagten nicht etwa der Versuch gemacht werden solle, das Dasein tektonischer Beben überhaupt gänzlich zu bestreiten. Vor allem in den Fällen, in welchen bei einem Beben deutlich erkennbare Dislokationen sich vollziehen, werde niemand bestreiten wollen, daß es sich hier um ein tektonisches Beben handle, namentlich dann, wenn die Länge der entstehenden Spalten eine sehr ansehnliche ist. Bei dem Beben in Beludschistan 1892 betrug an einer viele Kilometer langen Spalte die seitliche Verschiebung des einen Flügels gegen den andern 0.2—0.3 *m*, die senkrechte 0.6—0.7 *m*. Das Beben vom Jahre 1894 in Lokris war verknüpft mit der Bildung einer Spalte von 55 *km* Länge bei einem senkrechten Absinken des einen Flügels, welches bis zu 2 *m* Höhe stieg. In Japan bildete sich 1891 bei einem Erdbeben eine Spalte von 112 *km* Länge, an welcher der eine Flügel gegen den andern sowohl um 4 *m* seitlich, als auch lokal bis zu 5 *m* senkrecht verschoben wurde. Die stärksten Sprunghöhen aber, zwischen 4 und 8 *m* schwankend, zeigten sich an den Spalten, bezw. Verwerfungen, welche 1897 mit dem gewaltigen Beben am untern Brahmaputra Hand in Hand gingen. In diesen Fällen ist die entstandene Dislokation eine so in die Augen springende, daß man die tektonische Natur des Bebens nicht bezweifeln kann. In den überwiegend meisten andern Fällen von Beben aber, die als tektonische erklärt werden, ist von der Verschiebung einer Scholle nicht das mindeste zu bemerken. Es könnte hier also der Betrag der Verschiebung, falls eine solche wirklich vorliegt, nur ein ganz minimaler sein.

Wie will man aber vollends, fährt Branco fort, mit einem so unsichtbaren Betrage von Dislokation das Auftreten ganzer Erdbebenzeiten in Einklang bringen, welche Wochen, Monate, Jahre lang dauern und zahlreiche Stöße liefern? Man sollte meinen, daß, wenn in diesen Fällen die Stöße durch die Bewegung von Schollen entstehen, dann auch die Zahl und Stärke der Stöße im Einklange stehen müßte mit der Größe der Bewegung der Schollen. Eine Scholle, die Monate lang gleitet, wenn auch mit Pausen, sollte doch den Betrag der Abgleitung erkennen lassen!

Man könnte freilich geltend machen, sagt er, daß der Betrag in Wirklichkeit größer sei, als er erscheine, wenn er nämlich in der mächtigen und aus lockerer Erde bestehenden Oberflächenschicht zum Ersterben gebracht werde, so daß man die Verwerfung hier nicht mehr sehe. Das ist denkbar, sagt Branco, aber soll es häufig der Fall sein, z. B. bei den Tausenden von Beben Japans?

Jedenfalls ist in solchen Fällen, in denen man nichts von einer Dislokation erkennen kann, obgleich doch zahlreiche Stöße erfolgten, der Beweis, daß dennoch ein Dislokationsbeben vorliegt, nicht leicht zu erbringen und die Möglichkeit hier immer noch vorhanden, daß die Ursache eine andere, also eine vulkanische sein könnte.

Völlig außer Augen dürfe man aber auch die Möglichkeit nicht lassen, daß selbst eine lange und mit deutlicher Senkung des einen Flügels verbundene Spalte ihre Entstehungsursache nicht ausnahmslos notwendig immer in seitlichem Drucke, also in gebirgsbildenden Vorgängen haben müsse, sondern daß ihre Ursache auch in der senkrechten Heraufwirkung vulkanischer Druck- oder Stoßkräfte immerhin liegen könnte. Wenn nämlich beispielsweise die sogenannten Lakkolithe wirklich die Kraft besitzen, die Erdrinde über sich hochzuheben, werden sie natürlich ein Zerbrechen der überliegenden Erdrinde und damit ein Erdbeben verursachen müssen. Das Beben wäre aber in diesem Falle, trotz Spaltenbildung, kein tektonisches, d. h. durch Seitendruck hervorgerufenes, sondern beides, Spalte wie Erdbeben, wären vulkanischer Entstehung!

Das alles sind nach Prof. Branco Gründe, welche später vielleicht einmal zu der Ansicht hinführen werden, daß man den Anteil der tektonischen Vorgänge an der Erzeugung von Erdbeben jetzt überschätzt und denjenigen vulkanischer Vorgänge dabei unterschätzt.

Noch andere Gründe scheinen Prof. Branco für solche Auffassung zu sprechen. Vulkanische Beben »im engern Sinne« sind solche, deren vulkanische Ursache niemand bestreiten kann; von diesen möchte er aber vulkanische Beben »im weitern Sinne« unterscheiden, weil auch sie einen der Gründe für die Ansicht liefern, daß man in dieser Frage nicht zu sehr das tektonische auf Kosten des vulkanischen Prinzips vergrößern dürfe.

Unter vulkanischen Beben »im weitern Sinne« möchte er solche verstanden wissen, die nicht an die nächste Nähe eines speziellen tätigen Vulkanes geknüpft sind, sondern relativ fern von Vulkanen vorkommen, aber dennoch durch den Schmelzfluß, bezw. seine Gase oder den durch ihn erzeugten Wasserdampf hervorgerufen werden und die Hörnes kryptovulkanische nannte.

Das, was man bei einem Vulkane als mißglückte Ausbruchsversuche des Schmelzflusses bezeichnet, werde man vielleicht mit demselben Rechte schon zu diesen Beben »im weitern Sinne«, wie zu denen »im engern Sinne« rechnen können. Jedenfalls bildeten sie den Übergang von der erstbetrachteten Gruppe zu der nun zu betrachtenden zweiten. Solche mißglückten Ausbruchsversuche könnten sich ereignen, sowohl bei nur scheintoten Vulkanen, als auch bei solchen, die wirklich erloschen sind, in deren Tiefe aber der Schmelzfluß doch noch lebendig ist. Beide Fälle schließen sich so nahe an die früher betrachteten vulkanischen Beben im engern Sinne an, daß man sie von diesen gar nicht scharf abtrennen kann.

Zu dieser Klasse von Erdbeben rechnet Prof. Branco auch jenes von Ischia, durch welches Casamicciola zerstört wurde. Er meint, dasselbe sei nichts anderes, als durch Explosionen ihrer Gase hervorgerufene Ausbruchsversuche, die schließlich auch von Erfolg gekrönt sein würden und der Insel dann das gleiche Los bereiten könnten,

welches Herculanum und Pompeji durch den Vesuv im Jahre 79 n. Chr. erlitten haben.

Derartige Ausbruchsversuche könnten natürlich nicht bloß unter erloschenen Vulkanen sich vollziehen, sondern auch in irgend einer, von Vulkanen weit entfernten Gegend und dann so lange fortdauern, bis dort ein neuer Vulkan entstand. Das sei nun der Typus derjenigen Erschütterungen, die er mit dem Ausdrucke vulkanische Beben »im weitern Sinne« bezeichnen möchte. Ein solches Erdbeben sei ursächlich ganz dasselbe, wie ein vulkanisches »im engern Sinne«, nur die Lage sei eine verschiedene, da letzteres an einen bestimmten Vulkanberg gebunden sei, ersters aber nicht, weil dort ein solcher noch gar nicht vorhanden ist, und es fraglich bleibe, ob er sich daselbst jemals bilden werde.

Auch auf dem Meeresboden vollziehen sich Ausbrüche und Ausbruchsversuche, also vulkanische Beben im engern und im weitern Sinne.

Natürlich wird es häufig schwer sein, festzustellen, ob ein vulkanisches Beben im weitern Sinne oder ein tektonisches vorliegt, weil Vulkanbildung mit Spaltenbildung vielfach, aber nicht immer, eng verknüpft ist. Wo entstehende und tief hinabgreifende Spalten dem Schmelzfluß einen Ausweg von vornherein anbieten, wird dieser Ausweg auch meist benutzt, dann steigt der Schmelzfluß auf, oder er wird heraufgedrückt, und seine Gase explodieren. Wo dies aber der Fall, tritt eine Verquickung von vulkanischen und tektonischen Beben ein, und es wird häufig sehr schwer sein, zu entscheiden, welches der beiden Momente den größern Anteil am Zustandekommen des Erdbebens hat: ob die Erschütterung mehr eine tektonische, durch das Aufreißen der Spalte hervorgerufene ist oder mehr eine vulkanische, durch Explosionen bedingte. Diese Schwierigkeit muß vor allem da eintreten, wo sich die Vorgänge submarin vollziehen, man sie also nicht unmittelbar beobachten kann.

Auch diese Betrachtungen über die Erdbeben führen schließlich zu der Frage, ob denn die Spaltenbildung zu der Entstehung der Erdbeben notwendig immer in einem und demselben konstanten Verhältnisse von Ursache und Wirkung stehen müsse, und ob man notwendig immer folgern müsse, daß, wenn bei einem Beben eine Spalte aufreißt, das Beben die Folge dieser Spaltenbildung sei? Diese Frage, sagt Branco, wird man geneigt sein, ohne weiters zu bejahen; dennoch könnte sehr wohl auch umgekehrt einmal die Spaltenbildung Folge eines Erdbebens sein.

Vulkanismus.

Der Ausbruch des Vesuv im Frühjahre 1903. Prof. G. Mercalli gab hiervon eine Darstellung.[1]) Im Januar und in der 1. Hälfte des Februar war die Tätigkeit gering; am 20. Februar

[1]) Erdbebenwarte 2. Nr. 11 und 12.

bildete sich am Grunde des Kraters eine neue Öffnung, aus der leichtflüssige Lava geschleudert wurde. Dieselbe bildete in einigen Tagen einen Auswurfskegel neben dem Zentrum des alten Kratergrundes von einer sehr regelmäßigen Form. Während dieser Ausbrüche, welche immer von einer kurzen Detonation wie von einem starken Gewehrschusse begleitet waren, bemerkte Mercalli auch das Auftreten von Rauchringen. Die Entladungen nahmen gegen die ersten Tage des Monats März an Stärke beständig zu, so daß am 6. März das Getöse aus dem Krater bis St. Vito, das ist 5 *km* weit, vernommen wurde. Die Kraftentfaltung des Vulkanes erreichte eine außergewöhnliche Heftigkeit vom 9.—15. März, und zwar mit dem Maximum am 10.—12. März. Innerhalb dieser 3 Tage wurde das Getöse aus dem Krater in allen Orten am Fuße des Vulkanes wahrgenommen, in der Nacht des 11. März sogar leicht in Neapel. In Resina machten die Detonationen Fenster und Türen zittern. Auf der untern Station der Drahtseilbahn am Vesuv öffneten sich die Türen, der Boden zitterte ganz deutlich, so daß die Betten und die aufgehängten Gegenstände schwankten; insbesondere wurde dies bei den zwei stärksten Entladungen beobachtet, welche am 10. März um $20^h\ 30^m$ und am 12. März um $4^h\ 30^m$ aufgetreten sind. In der Nacht wiederholten sich starke Entladungen in kurzen Intervallen von einer Minute etwa, indem in hohen Säulen zusammenhängende glühende Massen ausgeworfen wurden, gewöhnlich in eine Höhe von 200 *m*, oder besser, es erfolgten Auswürfe (Explosionen) von glühenden Lavaschlacken von geringerer Höhe, aber mehr auseinandergestreut, so daß sie beim Niederfallen den ganzen Kraterrand bedeckten, und der Krater danach ringsherum glühend erschien, als wenn die Lava allseitig über den Kraterrand ausgeflossen wäre. Häufig erschienen gleichzeitig 2 Streifen glühender Schlacken auf dem äußern Mantel des Auswurfskegels an der Nord- und Südseite. Dieser Umstand beweist, daß im Innern des Kraters zwei tätige Eruptionsöffnungen vorhanden waren, und erklärt auch, warum häufig nach einem Auswurfe glühender Massen gleich darauf ein zweiter, häufig viel stärkerer folgte. Durch 3 Nächte (10., 11. und 12.) war der Widerschein der glühenden Massen ununterbrochen sichtbar. Die Temperatur des ausgeworfenen Materiales mußte bei dieser Eruptionsphase ungeheuer groß gewesen sein, da Verf. auch bei Tage, insbesondere am 12. März um 8 Uhr von Neapel aus, also auf eine Distanz von 14 *km*, den vollkommen glühenden Zustand der Eruptionsmasse beobachten konnte.

Am 13. nahmen die Entladungen an Heftigkeit ab, aber gleichzeitig änderte sich der Charakter derselben, indem große Mengen von Asche sowie Steine, die nur teilweise glühend waren, ausgeworfen wurden. Auch das Getöse, welches auf große Entfernungen hin vernehmbar gewesen war, hörte auf. Am 13. und 14. März waren die Entladungen noch sehr stark und begleitet von hohen, dichten, schwärzlichen Pinienbildungen bis zur blumenkohlartigen Form.

In der Nacht des 14. März merkte man eine deutliche Abnahme; aber am 15. hatte die Kraft der Entladung wieder zugenommen, immerhin verblieb sie aber schwächer als in den Tagen vom 10.—12. des genannten Monates.

Am 15. und 16. März stand Verf. lange Zeit auf dem Gipfel des Vulkanes, es war ihm aber unmöglich, den Rand des Kraters vom Jahre 1872 zu überschreiten. Er konnte feststellen, daß im Innern des Kraters zwei tätige Öffnungen vorhanden waren, aus welchen hier und da gleichzeitig Eruptionen verschiedener Natur erfolgten, und zwar war die Öffnung im Norden vulkanisch tätig, die im Süden gelegene warf kleine Fetzen von glühender und flüssiger Lava aus.

Das ausgeworfene Material der großen Eruptionen am 9. und 13. März bestand zum großen Teile aus elliptischen, gedrehten Bomben oder war von andern verschiedenartigsten Formen; die großen Stücke der schlackenartigen Lava waren meistens ungeformt oder hatten die Form von gequetschten Brotlaiben, deren Durchmesser häufig 1 *m* und mehr, fast 2 *m*, betragen hat. Nachdem sie auf den Boden niedergefallen, waren sie noch immer ganz teigartig weich.

Außerdem gab es eine große Menge von äußerst porösen faserigen Laven von zweierlei Farben; die eine graublau-gelblich, die andere schwärzlich. Die erstern waren sehr leicht, wie fest gewordener Schaum, die letztern fast ganz bedeckt von einem glasartig glänzenden Anfluge, der in vielen Punkten in sehr lebhaften Farben irisierte. Von den Farben war die violette, ins Grünliche, Blaue oder Gelbe spielend, vorherrschend.

Schließlich wurden während der letzten vulkanischen Ausbrüche am 14. März ausschließlich schwere Massenstücke ausgeworfen, häufig nicht ganz kugelförmig, auch nicht gedreht, weil dieselben im Innern noch glühend, beim Auswurfe aber oberflächlich schon erhärtet und geborsten waren.

Diese Eruptionsphase hielt im letzten Drittel des März noch an.

Der Mont Pelé ist im März 1903 von Dr. K. Sapper besucht worden.[1]) Die Besteigung, die er in Begleitung von Dr. G. Wegener ausführte, bot keine Schwierigkeiten dar, und die Reisenden waren ganz erstaunt, als sie plötzlich vor sich die unheimliche, gewaltige Felsnadel des Mont Pelékraters erblickten. Noch ein paar Schritte in beschleunigter Gangart, und sie befanden sich auf der etwa 150 *m* breiten, von Gesteinsblöcken und Bomben übersäeten Fläche, an deren Stelle sich ehemals der Lac des Palmistes ausgedehnt hatte, und sahen vor sich in voller Größe das mächtige, eigenartige Felsgebilde des Konus, das einen gewaltigen Eindruck machte. Zur Rechten erhob sich ein gekrümmter Berggrat, der eine Art Ringwall um den

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1903. p. 375.

Krater darstellt und damit diesem gegenüber dieselbe Rolle spielt, wie die Somma dem Vesuv gegenüber. Die Reisenden gingen an den Kraterrand selbst heran und betrachteten die merkwürdige Bildung des Kraters. Vor ihnen dehnte sich ein sichelförmig gekrümmter Graben von etwa 100 *m* Breite und 50 *m* Tiefe aus; daraus stiegen weiße Dampfwolken und bläuliche Gasexhalationen an bestimmten Stellen auf, und starker Schwefelwasserstoffgeruch verriet die Natur eines Teiles der geförderten Gase. Jenseits des Grabens erhob sich aus dem Gipfel eines Schuttkegels mit ungeheuer steilen Wänden, die auf der Südseite sogar senkrecht waren, die großartige Felsnadel des Pelé noch etwa 250 *m* frei in die Lüfte. »Wie glatt gemeißelt sieht man die Felswände emporstarren, ein langer Vertikalriß zog sich weithin durch die einheitliche Felsmasse hin; ihre gelbbraune Oberfläche ist vielfach unter einem weißen Anfluge versteckt, der von weitem sich wie Schnee präsentiert. Woraus dieser weiße Anflug besteht, weiß ich nicht zu sagen; die Anwohner versichern, daß die weißen Flächen sich bei anhaltendem Regenwetter wesentlich verringern. Der Anflug wird also zum Teil abgewaschen, löst sich aber offenbar in Wasser nicht oder nicht leicht auf. Von Zeit zu Zeit stürzten größere Felspartien in Form kleiner Bergstürze von der Felsnadel ab und rollten ihre Trümmer auf dem Schuttkegel abwärts unter lautem Gepolter — aber sonst war alles still und ruhig; nur die Nebel wogten ruhelos über uns hinweg, und leider dauerte es nicht lange, so hatten sie auch den Krater und die stolze Felsnadel unsern Blicken entzogen. Ich ging den südlichen Kraterrand entlang, später auch den nördlichen, um noch einen Blick auf den Krater zu erhaschen; es war vergeblich, und so blieb uns denn nichts übrig, als nach einem behaglichen Frühstücke an der Stelle des ehemaligen Lac des Palmistes wieder den Rückweg anzutreten.

Ein paar Tage später hatte Dr. Sapper Gelegenheit, vom Observatorium von Fonds S. Denis aus einen Ausbruch des Mont Pelé zu beobachten. »Wir saßen,« sagte er, »im Freien vor den Gebäuden des Observatoriums, als ich plötzlich einen Glutschein an der Felsnadel des Pelé wahrnahm. Bald darauf stieg auch unter leichtem Geräusche eine beträchtliche grauweiße Aschen- und Dampfwolke mit großer Geschwindigkeit, wirbelnd und quirlend, empor, und wenige Sekunden später sahen wir unter der weißen Nebelwolke, die den Fuß des Konus verhüllte, eine ähnliche bräunlichgraue Aschenwolke mit der charakteristischen wirbelnden Oberfläche der Eruptionswolken hervorbrechen und mit großer Geschwindigkeit im Tale der Rivière Blanche abwärts rollen, während die aufsteigende Wolke sich in den bekannten blumenkohlähnlichen Formen höher und höher erhob und dabei zugleich immer weiter ausbreitete, bis sie in einer Höhe von etwa 3400 *m* über dem Krater stationär wurde. Gleichzeitig war aber die absteigende Wolke, die nach meiner Schätzung kaum mehr als etwa 50 – 100 *m* Höhe besaß, rasch und lautlos talabwärts gerollt. Ihre

Bewegung glich, abgesehen von den sekundären Wirbeln, ganz und gar der einer Flüssigkeit; als die Wolke ein etwas höher aufragendes Hindernis traf, teilte sie sich und umging dasselbe auf beiden Seiten und schloß sich dahinter wieder zusammen, bis die nachfolgenden mächtigen Wolkenteile die so gebildete Insel überfluteten und die Einheit des ganzen Gebildes wiederherstellte. Die ganze Erscheinung zeigte ein Bild, wie wenn schwere Gase mit Aschen und sonstigen Auswnrfsstoffen beladen hier abwärts flössen; jedoch mochte gerade die Wucht der festen Auswurfsstoffe an der bedeutenden Anfangsgeschwindigkeit schuld sein. Daß die schweren Gase aber auch große Mengen leichterer Gase und Dämpfe mit sich gerissen hatten, zeigte sich bald. Denn als die absteigende Wolke etwa in halber Höhe des Berges mit Erreichen der flachern Böschung langsamer vorzuschreiten begann, löste sich eine aufsteigende Wolke gleicher Farbe und mit gleicher wirbelnder, blumenkohlähnlicher Oberfläche von ihr los und stieg höher und höher, bis sie schließlich die Kraterwolke ganz wesentlich an Höhe übertraf. Da der Nachschub für die absteigende Wolke allmählich an Masse und Schnelligkeit nachließ, so stiegen nun auch von dem rückwärts liegenden Teile der absteigenden Wolke Gase und Dämpfe auf, die allmählich eine Brücke zwischen den beiden Wolkengipfeln herstellten. Die absteigende Wolke rollte inzwischen immer langsamer und langsamer abwärts, indem sie mit ihren Wirbeln alle Unebenheiten des Bodens vollständig ausfüllte. Allmählich wurde ihre Bewegung scheinbar schleichend langsam, die oberflächlichen Wirbel verloren ebenfalls immer mehr ihre Energie, und als die Gesamtwolke endlich nach mehrern Minuten das Meer erreicht hatte, schob sie sich nur noch ganz allmählich in dasselbe hinaus, wobei sie aber schließlich doch eine ganz ansehnliche Entfernung von der Küste erlangte — ich schätzte sie auf etwa 3—4 *km*. Die oberflächlichen Wirbel hatten aufgehört, die ganze Wolke hatte ein gleichförmiges Grau angenommen und begann sich da und dort vom Boden zu erheben, wobei die weißschimmernde Asche, die sich eben abgelagert hatte, sichtbar wurde. Mit großer Aufmerksamkeit hatten wir alle die Bewegungen der absteigenden Wolke verfolgt, waren doch alle Beobachter darüber einig, daß die fatale Glutwolke vom 8. Mai, trotz ihrer unvergleichlich viel größern Wncht und höhern Temperatur, doch in ganz gleicher Weise zu Tal gestiegen war. Als wir die Wolke so lautlos niederrollen sahen, mußten wir daran denken, wie trefflich Kapitän Freeman von der »Roddam« die Sache charakterisierte, als er sagte, er müßte beim Herannahen der Wolke an die Katze denken, welche die Maus beschleicht!

Leider wissen wir noch immer nicht, aus welchen Gasen die Ausbrucbswolken des Mont Pelé bestehen, und es scheint mir, daß es nur dadurch möglich sein würde, dem Geheimnis auf die Spur zu kommen und etwas Näheres über die Wolke zu erfahren, wenn

man besonders konstruierte Registrierinstrumente und mit Reagensflüssigkeiten gefüllte Gefäße in der Bahn der absteigenden Ausbruchswolken aufstellte und nach den einzelnen Eruptionen genau prüfte.

Hereinbrechende Dunkelheit verhinderte uns, die weitern Schicksale unserer Ausbruchswolke im einzelnen zu verfolgen, und wir konnten nur noch bemerken, wie die Winde anfingen, ihr Spiel damit zu treiben und ihre stolzen Formen mehr und mehr zu verzerren und aufzulösen. Um so deutlicher ließ dagegen die Dunkelheit das Aufglühen zweier langen Risse oder Spalten an der Felsnadel des Pelé hervortreten. Nicht selten lösten sich aus diesen Spalten glühende Felsstücke los, die man dann an dem Schuttkegel weit hinabspringen und gleiten sah. Noch nach Stunden bemerkte man die glühenden Spalten des merkwürdigen Felsgebildes, und dann und wann sprühten auch höher oben, manchmal selbst nahe der Spitze der Nadel, glühende Punkte auf: wahrscheinlich hatten sich hier Steine von der Nadel losgelöst und hatten so für Augenblicke das glühende Innere derselben bloßgelegt. Angesichts der beobachteten Erscheinungen waren wir zu der Ansicht gelangt, daß das Innere der Felsnadel glühend sein müsse, und nur die Oberfläche hart und erkaltet sei. Ob das Innere nur zeitenweise oder dauernd glühend sei, die Frage zu entscheiden, fehlte uns freilich jeder Anhaltspunkt. Jedenfalls ist aber die Felsnadel des Pelé eines der merkwürdigsten Gebilde, die bisher in der Geschichte unserer Erde beobachtet worden sind: sie ändert ihre Höhe, ohne ihre Gestalt zu ändern; sie wächst über Nacht 2, 4, 10 *m* und verliert dann wieder zuweilen durch Einsturz einen großen Teil der gewonnenen Höhe. So hatte die Felsnadel durch den von uns beobachteten Ausbruch wieder 25 *m* von ihrer Höhe eingebüßt, wie Hauptmann Perney am nächsten Morgen feststellte, und ragte mit ihrer Spitze nur noch 1570 *m* über den Meeresspiegel empor. Diese eigentümlichen Höhenänderungen kann man sich nur durch die Annahme erklären, daß die Felsnadel von unten her höher und höher emporgepreßt werde, und wir müssen daher die Beobachtungsreihen der Peléobservatorien mit dem größten Interesse erwarten, da wir dadurch einen genauen Einblick in eine Wirkungsart der Natur gewinnen können, die wir bisher kaum für möglich gehalten hätten.«

Die vulkanischen Vorgänge auf Martinique nach dem Ergebnis der französischen geologischen Expedition. Über die Resultate der von der Pariser Akademie nach Westindien entsandten wissenschaftlichen Expedition hat A. Lacroix offiziellen Bericht erstattet.[1]) Er teilt darin die auf vulkanischem Wege entstandenen Bildungen in 3 Hauptgruppen, die aber nicht immer streng voneinander zu trennen sind, nämlich: K r a t e r k e g e l oder Auf-

[1]) Compt. rend. 1903. Nr. 6. p. 4.

schüttungskegel, bestehend aus Reihenfolgen von Schichten ausgeworfenen Materiales, die unregelmäßig ein- oder auswärts geneigt sind und durch Gänge von Lava Festigkeit erhalten. Dieser Typus entspricht geometrisch einer Reihe von nacheinander folgenden Eruptionen von mäßiger Stärke.

Calderas oder steile Abbrüche von großen Dimensionen, wahrscheinlich Erzeugnisse von ausnahmsweise heftigen, von Einstürzen begleiteten Explosionen. Die innern Wände der Calderas sind nahezu senkrecht und zeigen den Durchschnitt der vulkanischen oder sedimentären Ablagerungen des ehemaligen Bodens, der wie mit dem Messer abgeschnitten ist. Nach außen wird die Einfassung der Calderas von einer flach kegelförmigen Bekleidung gebildet, die durch Anhäufung von ausgeworfenem Materiale (Bruchstücke des alten Bodens und Laven von mit der Explosion gleichzeitiger Bildung) entstanden ist.

Weniger bekannt als die vorgenannten ist ein 3. Typus, den die gegenwärtige Eruption des Mont Pelé verkörpert. Er entsteht durch Anhäufung von Lava an der Mündung des Vulkanschlotes, bei der Eruption saurer Laven (Trachyt, Andesit, Rhyolith). Das Innere der Anhäufung wird von in Schmelzfluß befindlicher Lava erfüllt, welche sehr zähflüssig ist; die Oberfläche wird von Blöcken bedeckt, die in dem Maße, als die Erstarrung fortschreitet, abstürzen und dann für das Innere eine Art steinigen Panzers bilden. Zu diesem Typus sind die Dome der erloschenen Vulkane, im besondern die trachytischen der Puyskette zu rechnen. Die Eruption von Santorin bot 1866 den Beobachtern Gelegenheit, dem Aufbaue eines solchen Domes beizuwohnen, dem man die Bezeichnung Cumulovulkan gab. Da sich der Georgios von 1866 schnell in einen Vulkan mit Krater umwandelte, fehlte fast vollkommen die Kenntnis, in welcher Weise eine solche Bildung sich entwickelt und funktioniert; vor allem verstand man die Entstehung der bizzarren Formen nicht, welche die Oberfläche aufweisen kann, und von denen Stübel einige, durch erloschene Vulkane in Ecuador vertretene schöne Beispiele abgebildet hat. Auf diese Fragen geben jetzt die Beobachtungen am Mont Pelé Antwort.

In den ersten Tagen der Eruption hatte sich im alten Krater (Étang-Sec) eine Lavamasse aufgestaut, deren Verhältnisse Lacroix bei seinem ersten Besuche wegen eingetretenen Nebels nicht genau erkennen konnte; dagegen konnten die amerikanischen Geologen Heilprin und Hovey einen flüchtigen Blick auf diesen Gipfel werfen und beschreiben ihn als Schuttkegel. Bei den Besteigungen seit Oktober gelang es Lacroix nachzuweisen, daß diese Anhäufung in Wirklichkeit nicht aus Trümmern und Schutt, sondern aus kompakter und zusammenhängender Lava besteht. Seitdem wurden Tag für Tag die Entwicklungsfortschritte dieses in der Bildung begriffenen Domes verfolgt, vor allem die Entstehung jener Art von Zahn, der

auf seinem Gipfel steht und heute den Bergkamm um mehr als 300 *m* überragt. So oft als möglich wurden die Teile desselben gemessen, photographiert oder gezeichnet, und hieraus ergab sich dessen Emporsteigen manchmal zu mehr als 10 *m* innerhalb 24 Stunden, das übrigens oft teilweise durch Ab- oder Einstürze ausgeglichen wurde.

Dieser Dom wächst durch aus der Tiefe kommende Schmelzmasse, aber mittels zweier verschiedener Vorgänge: einmal durch Zufluß von viskoser Lava auf den Kegelspalten, die bei Nacht leuchtend sichtbar ist, dann aber durch langsame Erhebung der ganzen Masse oder wenigstens eines Teiles derselben. Der Gipfelzahn zeigt sich bei der Betrachtung von den Kraterrändern aus nicht mehr in der Gestalt eines spitzen Obelisken, wie er vom Meere aus erscheint, sondern ist in Wirklichkeit nach Südwest gekrümmt, während er nach Norden, Osten und Südosten eine zylindrische, polierte und durch Reibung senkrecht gestreifte Oberfläche besitzt. Seine südwestliche Seite allein folgt nicht regelmäßig der aufsteigenden Bewegung der andern Seiten, auch zertrümmert sie andauernd zu gleicher Zeit, in der sich die Krümmung des Zahnes deutlicher ausbildet. Daraus erklären sich die ruinenförmige Struktur des südwestlichen Kegelteiles, die ununterbrochenen dort stattfindenden Abstürze und der Umstand, daß der Gipfel die von ihm mehrmals erreichte Höhe von etwa 1550 *m* (13. März 1568 *m*) nicht erheblich zu überschreiten vermag.

Zu Santorin verbarg das unzusammenhängende Material, das durch Absturz von der in Bildung begriffenen Lavaanhäufung entstanden war, letztere den Augen der Beobachter, weshalb das Ganze sehr wohl den ihm beigelegten Namen Cumulovulkan verdiente; dagegen rollte auf Martinique, infolge der Lage der auf dem Gipfel des Berges gelegenen Lavamasse, der größte Teil des sich jeden Tag bildenden Vulkanschuttes die sehr abschüssigen Gehänge abwärts, entweder in das Tal des Blancheflusses oder in die Kraterrille (zwischen Zentralkegel und Kraterrand); der massive Fels lag fast überall nackt.

Die Beobachtung von Lacroix ist um so interessanter, als der neue Dom sich inmitten einer alten Caldera erhebt; nach und nach füllt er deren Höhlung und ist schon mit ihrer westlichen Wand verschweißt. Man hat also das ziemlich seltene Beispiel zweier vulkanischer Typen von sehr verschiedenem Alter und abweichender Bildungsweise vor Augen, die aufeinander gepfropft sind und vielleicht miteinander verschmolzen werden, sobald die Kraterrille vollständig ausgefüllt sein wird.

Man wußte längst, daß sich bei frühern Eruptionen einiger Vulkane dichte Wolken von hoher Temperatur gebildet hatten, die den Boden abgeschert und ihre Verwüstungen weithin erstreckt hatten, wobei sie auf ihrer Bahn alles Leben zerstörten (so die Eruptionen von San Jorge auf den Azoren 1580 und 1808), von ihrem Wesen

und ihren mechanisch ausgeübten Wirkungen besaß man jedoch keine zuverlässige Kunde. Die Bildung feuriger Wolken war nun einer der wesentlichen Züge der letzten Eruption des Mont Pelé, und die zahlreichen Eruptionen dieser Art, welche Lacroix vom Oktober bis zum Februar aus der Nähe beobachtete, haben ihm gestattet, festzustellen, daß sie gebildet werden durch den Auswurf von Gasen und Dämpfen, welche eine ungeheure Menge von Asche und neugebildeten Andesitblöcken mit fortrissen, und zwar in abwärts geneigter Richtung. Gegenwärtig gehen sie von der südwestlichen Basis des Gipfelzahnes des Domes aus, von dem sie fast immer einen Teil fortreißen. Im Laufe der während des Winters beobachteten Eruptionen blieb die Bahn dieser dichten Wolken beständig auf das Tal des Blancheflusses beschränkt, und es läßt sich nachweisen, daß ein Ereignis gleicher Art auch bei den großen Eruptionen vom 8. und 20. Mai, vom 9. Juli und 30. August eintrat, doch erstreckte sich damals die Wolke über eine bedeutend größere Fläche und nahm ihre Bahn zum Teile über die unglückliche Stadt Saint-Pierre, deren Zerstörung sie herbeiführte. Am 30. August sind die feurigen Wolken sogar über sämtliche äußere Abhänge des Kraters gerollt, und solches war auch bei den zerstörenden Eruptionen auf St. Vincent der Fall. Sie haben damals ihre Verheerungen auf Morne Rouge und Ajoupa Bouillon ausgedehnt, obwohl das Maximum ihrer Wirkung noch gegen Südwest gerichtet blieb. Dabei waren alle diese großen Eruptionen von jenen heftigen senkrechten Auswürfen von Asche, Lapillis und Bomben begleitet, wie solches bei normalen vulkanischen Eruptionen stattfindet. Diese vertikalen Auswürfe, welche auf der Insel Schrecken verbreiteten, sind indessen nicht von erheblichen Schädigungen gefolgt gewesen und haben bei den Eruptionen dieses Winters ganz gefehlt, wo die feurigen Wolken allein zerstörend wirkten.

Die Wirkungsweise und das Wesen der vulkanischen Vorgänge des Jahres 1902 auf den westindischen Inseln bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. A. Stübel.[1]) Dieser berühmte Vulkanologe ist bekanntlich durch seine Forschungen an den europäischen, besonders aber an den andinischen Feuerbergen und durch kritische Vergleichung der irdischen mit den Kraterbergen des Mondes zu der Überzeugung gelangt, daß es Vulkanberge geben muß, die durch eine einzige Eruption gebildet wurden, daß andere durch zwei — und diese bilden vielleicht die Mehrzahl —, manche durch drei oder vier große Ausbrüche ihre jetzige Gestalt erhielten, und daß wieder andere durch eine lange Reihe von verhältnismäßig kleinen Eruptionen, wenn auch nicht vom Grunde aus aufgebaut, so doch vergrößert worden sind. Diesen letztern mißt er unter den vulka-

[1]) Veröffentlichung der vulkanologischen Abteilung des Grassi-Museums in Leipzig. 1903.

nischen Schöpfungen die geringste Bedeutung bei, obgleich sie bisher die Aufmerksamkeit am meisten auf sich gezogen haben. Er gelangte dadurch aber auch zu der Überzeugung, daß die Vulkanberge (die mächtig großen Abraumhaufen der unterirdischen Werkstätten) als solche unser Interesse nur in bedingtem Maße verdienen, daß man ihre Größe, ihre Formen, ihre Tektonik und ihr Material hauptsächlich deshalb studiert, weil man aus diesen erforschbaren Dingen sichern Aufschluß über die Vorgänge erhält, die sich in jenen Werkstätten abgespielt haben. In diesen Werkstätten muß man nach Stübel Herde unterscheiden, die sich durch einen Ausbruch, durch zwei oder mehr, immer aber durch eine nur kleine Zahl von Ausbrüchen erschöpfen, und dies überzeugt dann davon, daß die scheinbar permanente Tätigkeit nur als eine ausnahmsweise in die Länge gezogene 2., 3. oder 4. Ausbruchsperiode betrachtet werden kann. Dr. Stübel zeigt ferner, daß infolge dieses Verhaltens der Herde gewisse Bergformen und gewisse Kombinationen immer wiederkehren, und daß unter den einfachen Bergformen die Dome und die Calderen die Hauptrolle spielen, die steilen Kegelberge dagegen nur den langsamen Sterbeprozeß eines Herdes zu charakterisieren scheinen, und unter den Kombinationen die des Somma-Vesuvtypus am häufigsten auftritt. An der Hand dieser Ergebnisse und mit Rücksicht auf die gewaltigen Ausbrüche von Martinique und St. Vincent fragt es sich nun, welcher Art von Herden die vulkanischen Schöpfungen dieser beiden Inseln angehören? Die Ausbruchserscheinungen beim plötzlichen Wiedererwachen des Mt. Pelé und der Soufrière, die für die Bewohner der beiden Inseln so verhängnisvoll geworden sind, kommen für die Beantwortung der Frage an erster Stelle nicht in Betracht, denn jeder Fachmann weiß, daß diese Erscheinungen selbst und die Produkte, die sie zutage fördern, unsere Kenntnis von dem Wesen des Vulkanismus nur wenig zu bereichern vermögen. Dagegen ist, wie Dr. Stübel betont, ein genaues Studium der topographischen Verhältnisse der beiden Inseln, zumal die Untersuchung ihrer von der erneuten Tätigkeit völlig verschont gebliebenen Teile am ehesten geeignet, Aufschluß darüber zu geben, inwieweit die gegenwärtige Tätigkeit der Ausbruchszentren Mont Pelé und Soufrière von der hier früher entfalteten abhängig ist.

Auf Grund des kartographischen Materials kommt Dr. Stübel zu dem Ergebnis, daß Martinique zu denjenigen vulkanischen Inseln gehört, die sich aus mehrern dicht benachbarten und scharf individualisierten Vulkanbauen zusammensetzen. »Jeder derselben gibt sich als die Schöpfung eines besondern Eruptionszentrums auch jetzt noch deutlich zu erkennen, nachdem die Tätigkeit der Atmosphärilien die ehedem konischen Bergmassen in mehr oder weniger radial angeordnete Gebirgszüge aufgelöst hat, in Gebirgszüge, die von ihren Zentren aus gegen die Küste zu verlaufen und zugleich an Höhe abnehmen. Die etwa 63 *km* lange Insel zerfällt zunächst in 2 Teile,

in einen nördlichen größern und einen südlichen kleinern. Da, wo diese beiden Teile zusammenstoßen, ist die Insel am schmalsten und auch am niedrigsten. Und allein der Umstand, daß sich hier die Baue von verschiedenen Eruptionszentren mit ihren weit vorgeschobenen Ausläufern im Niveau des Meeresspiegels nicht ganz berühren, scheint die Bildung der großen Bucht zu erklären, welcher die Stadt Fort-de-France ihren geräumigen Hafen verdankt. Der nördliche Teil von Martinique setzt sich auch seinerseits wieder aus zwei scharf getrennten Bergmassiven zusammen, aus dem des Mont Carbet und dem des neuerlich so viel genannten Mont Pelé. Die beiden Massive werden gegen Osten durch das Tal der Rivière Capot und gegen Westen durch das der Rivière Roxelane, an deren Mündung St. Pierre gelegen war, getrennt. Das an Umfang größte topographische Glied im Aufbaue der Insel Martinique bildet der Gebirgsstock, dessen höchste Punkte Les Pitons du Carbet genannt werden, und dessen Durchmesser etwa 23 *km* bei einer Höhe von 1207 *m* beträgt. Wir glauben, sagt Dr. Stübel, diesen Bau nicht nur seiner äußern Erscheinung nach, sondern auch hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse der Gesteinsbänke, die ihn zusammensetzen, richtig zu beurteilen, wenn wir ihn als den Überrest eines flachen Kegelberges auffassen, in dessen zentralen Teil eine gegen Süden weit geöffnete Caldera von etwa 8 *km* Durchmesser eingesenkt ist. Die Pitons du Carbet, Morne du Lorrain und andere Felsspitzen mehr sind dem Anscheine nach Höhenpunkte auf dem Kamme dieser Caldera, nicht die Gipfel genetisch selbständiger Berge. Demnach würde das Massiv des Carbet eine Art Somma darstellen und als die Schöpfung eines einzigen gewaltigen Ausbruches, als ein monogener Bau zu betrachten sein.«

Der Mont Pelé im Norden der Insel ist ein typischer Vulkankegel, dessen Abhänge freilich einen merkwürdig geringen Neigungswinkel zeigen; befremdlich ist dies deshalb, weil Ausbruchskegel, die eine so flache Gestalt zeigen, nicht wohl durch eine große Zahl relativ kleiner Ausbrüche im Laufe der Jahrtausende aufgeschichtet werden können, während doch die tektonische Beschaffenheit des Mont Pelé seine Aufschüttung aufs deutlichste bekunden soll. Dieser Widerspruch läßt sich nach Dr. Stübel nur durch die Voraussetzung erklären, »daß die Hauptmasse des Berges das Produkt eines einzigen großen Aufschüttungsvorganges gewesen ist, und daß in der ungeheuren Masse des dabei ausgestoßenen Materiales das glutflüssige, leicht bewegliche Magma gegenüber zähflüssigen Agglomeratlaven und losen Auswurfsprodukten die Oberhand gewonnen haben muß.« »Der flache Konus des Mont Pelé«, fährt Dr. Stübel fort, »setzt sich in der Hauptsache aus radial angeordneten Bergrücken zusammen, deren Verlauf nicht nur auf eine vielfach ungleichmäßige Anstauung der Eruptivmassen, sondern auch auf sekundäre Ausbruchszentren schließen läßt, die ihre Herde in der Bergmasse selbst hatten, und die mit der Erkaltung der Bergmasse ihre Aktionsfähigkeit einbüßten. Diese

Bergrücken sind durch tiefe Täler voneinander getrennt. Was die Täler anbetrifft, welche schon während des großen Aufstauungsprozesses vorgezeichnet und später durch Erosion nur erweitert worden sind, so verdient die Südwestseite des Berges unsere Beachtung am meisten. Hier liegt das weite Tal der Rivière Blanche, welches bei der letzten Eruption eine Hauptrolle gespielt hat und schon vorher auch dadurch bekannt war, daß in seinem obern Teile eine geringe Fumarolentätigkeit fortbestand. Wir tragen kein Bedenken, diese unverkennbar größte Einsenkung am Abhange des Mont Pelé als eine Art Calderatal aufzufassen. Der Ausbruch des Jahres 1902 hat gerade an der Stelle seinen Anfang genommen, wo diese Fumarolen lagen.«

Die Aufschichtung der Bergmasse des Mont Pelé in ihrer Erstreckung über wie unter dem Meeresspiegel schreibt Dr. Stübel der 1. Ausbruchsperiode eines lokalisierten Magmaherdes zu. Schon vor den geschichtlichen Ausbrüchen war er hiernach nahe bis zu seiner jetzigen Höhe emporgewachsen. »Der Eintritt der 2. Eruptionsepoche seines Herdes, durch die der Berg zugleich in die Zahl der tätigen Vulkane übergeführt worden ist, fällt jedenfalls in eine sehr weit zurückliegende Zeit. In welchem Größen- und Volumenverhältnisse diese jüngere Schöpfung zu ihrem Fundamentalbaue steht, und in welcher Art sie sich demselben anschließt, bleibt für den Mont Pelé noch zu ermitteln, doch dürfte die tropische Vegetation, welche seine Abhänge bedeckt, die Lösung dieser Aufgabe sehr erschweren. Die beiden einzigen geschichtlich bekannten Ausbrüche fanden in den Jahren 1792 und 1851 statt, der erstere aber ist nicht einmal sicher beglaubigt, und jeder dieser Ausbrüche hat zur Vergrößerung des in vorgeschichtlicher Zeit gebildeten Kraterkegels wohl nur wenig beigetragen. Das gleiche gilt aber auch von dem neuesten Ausbruche trotz der ungeheuren Masse der Auswurfsprodukte, die aus seinem Krater hervorgegangen sind.«

Die vier bis sechs größern vulkanischen Baue, aus denen Martinique zusammengesetzt ist, stehen nach Stübel höchst wahrscheinlich über einem großen horizontal ausgedehnten Herde, der nicht von einem Punkte aus den Überfluß seines Magmas abzuführen vermocht hat. Was den neuesten Ausbruch des Mont Peléherdes selbst anbelangt, betont Dr. Stübel, daß derselbe keine Erscheinungen hervorgerufen habe, die nicht auch anderwärts beobachtet worden wären. Als auffallend sei aber hervorzuheben, daß Lavaergüsse weder aus dem wiedergeöffneten Krater, noch am Abhange des Berges stattgefunden haben. Die zuerst als Feuerstrom beschriebene Ergußmasse, welche ihren Weg durch die Rivière Blanche nahm und die Zuckerfabrik des Dr. Guérin zerstörte, hat sich später als Schlammstrom erwiesen. Um das Auftreten solcher Schlammergüsse zu erklären, bedarf es aber nach Stübel nicht der Voraussetzung, daß Meerwasser in den Herd eingedrungen sei; vielmehr sei die in dem vielleicht nur scheinbar flachen Kratersee (Lac des Palmistes) angesammelte Wasser-

menge gewiß für die einmalige Hervorbringung eines solchen Stromes völlig ausreichend gewesen. Die Lawine scheint ihren Ursprung etwas unterhalb des Gipfelkraters, am Etang sec, dem Schauplatze alter Fumarolentätigkeit, genommen zu haben und hat, da sie sich bis ins Meer ergoß, einen Weg von etwa 6 *km* zurückgelegt.

Daß aber bei dem Maiausbruche der Mont Peléherd glutflüssiges Magma überhaupt nicht ergossen haben sollte, hält Dr. Stübel für in hohem Grade unwahrscheinlich; vermutlich hat es sich unterseeisch einen Ausweg gebahnt. Er weist auf Beispiele hin (auf Hawaii, Réunion und Santorin) in denen submarine Lavaergießungen in großem Maßstabe stattfanden, ohne daß sie sich an der Oberfläche des Meeres auch nur im geringsten bemerkbar machten. Die Zerstörung des Telegraphenkabels bei Martinique ist nach Stübel sehr wahrscheinlich auf einen solchen unterseeischen Lavaerguß zurückzuführen, und zwar muß derselbe bereits vor dem großen Ausbruche des Mont Pelé eingetreten sein, denn schon am 7. Mai war der Dampfer Pouyer-Quertier damit beauftragt, das schadhaft gewordene Kabel aufzusuchen und zu heben.

Auch ist bekannt, daß submarine Lavaergüsse lokale Flutwellen hervorrufen können, wie solche am 8. Mai bei Martinique stattgefunden haben und sich auch nach dem bei jeder großen Kraterexplosion des Mont Pelé wiederholten. Man kann daher nach Dr. Stübel mit größter Wahrscheinlichkeit die Kraterexplosionen nur als Begleiterscheinungen von unterseeischen Lavaergüssen an einer und derselben Ausbruchsstelle ansehen. »Wenn«, sagt er, »der Ätna anstatt 3300 *m* nur (wie der Mont Pelé) 1350 *m* über den Meeresspiegel emporragte, so würde man den vermutlichen submarinen Lavaerguß des Mont Pelé von 1902 seiner Tiefenlage nach — das zerrissene Telegraphenkabel lag in 2600 *m* Tiefe und 26 *km* von der Küste entfernt — mit dem Flankenausbruche vergleichen können, der im Jahre 1669 Catania zerstörte.«

Neben der Schlammergießung hat die Tätigkeit des Mont Pelékraters nur bestanden in rasch vorübergehender, überaus gewaltsamer, mit Feuererscheinung und furchtbaren Detonationen verbundener Ausstoßung von totem Materiale, von glühenden Schlacken, Gesteinsstücken und großen Blöcken, besonders aber von fein zerstäubter Gesteinsmasse, der sogenannten Asche. Wirkliche Höhenpunkte in dieser Art von Tätigkeit scheint der Herd des Mont Pelé außer am 8. Mai, der für die Bewohner der Umgegend so verhängnisvoll geworden ist, auch noch mehrmals, z. B. am 20. Mai, 6. Juni, 9. Juli, in den letzten Tagen des August und am 3. September erreicht zu haben. Kürzere oder längere Pausen, in denen der Berg fast nur noch rauchte, liegen zwischen diesen Zeitpunkten des Paroxismus. So war es bereits am 16. Mai möglich, den Berg wieder zu besteigen.

Alle Aufzeichnungen, welche über die Tätigkeit des Mont Pelé gemacht wurden, stimmen genau mit der Tätigkeitsart anderer Vulkane überein, so daß der Berg keine Sonderstellung unter diesen

einnimmt. Über die genaue Lage des Ortes, an welchem die Explosion erfolgte, durch die Saint-Pierre zerstört wurde, gehen die Ansichten der Fachleute, welche der wissenschaftlichen Untersuchungskommission angehörten, auseinander. Im Oktober 1902 war nach dem Berichte von Lacroix im Innern des Kraters die Bildung eines Ausbruchskegels im Gange, was nach den Erfahrungen an andern Vulkanen auf einen nahen Abschluß der neuesten Tätigkeitsperiode hinzudeuten scheint. Im übrigen weist Dr. Stübel darauf hin, daß der Mont Peléherd offenbar zu denjenigen Vulkanherden gehört, die nur sehr selten von den Vorgängen Zeugnis zu geben haben, die sich in ihrem Innern gleichwohl ständig abspielen. Aber gerade deshalb bleibt er ein gefährlicher Vulkan für die Bewohner seiner nächsten Umgebung, denn häufige kleine Eruptionen bieten erfahrungsgemäß eine gewisse Gewähr gegen plötzliche Gewaltäußerungen großen Maßstabes.«

»Sollte nicht«, sagt Dr. Stübel weiter, »in dieser letztern längst bekannten Tatsache eine unbewußte Beglaubigung des lokalisierten Herdes, selbst seitens derjenigen liegen, die sonst noch immer in den Vulkanen die Sicherheitsventile des tiefen Erdinnern erblicken möchten? Im übrigen aber müssen die Geologen, so schwer es sie auch ankommt, leider doch zugeben, daß sich ihre Hoffnung, Eruptionen und seismische Erscheinungen voraussagen zu lernen, wodurch so großem Unheile vorgebeugt werden könnte, in dem Maße vermindert, in dem ihr Einblick in den Mechanismus der vulkanischen Kräfte an wissenschaftlicher Grundlage gewinnt.«

Daß der Ausbruch des Mont Pelé am 8. Mai 1902 für Saint-Pierre so verhängnisvoll wurde, ist nach Dr. Stübels Ansicht wohl hauptsächlich dem Nordostpassate zuzuschreiben, der, wie so oft in solchen Höhen der tropischen Zone, wahrscheinlich auch an diesem Tage eine sturmartige Heftigkeit erlangt hat. E. Deckert, der den Mont Pelé im Jahre 1898 bestieg, hat ähnliches selbst erprobt, denn er schreibt in seinem Berichte: »Unsere Träger werden mit ihren Kopflasten Dutzende von Malen von dem Passatwinde, der zeitweise Sturmstärke entfaltet, zu Boden geschleudert, ab und zu auch wir selbst.« Ein Wind von ähnlicher Stärke mußte natürlich ausreichen, um die Auswurfsprodukte des Vulkanes in wenigen Sekunden, noch völlig glühend, nach dem kaum 8 *km* entfernten Saint-Pierre zu tragen. Erst als der Passat bei den gewaltigen Eruptionen, die Ende August und in den ersten Tagen des September aufs neue stattfanden, vermutlich von seiner Hauptrichtung abgewichen war, wurden auch die bis dahin verschont gebliebenen Landstriche der Umgebung von Morne Rouge im Süden und bis gegen das Kap St. Martin hin im Norden von den Auswurfsprodukten des Mont Pelé schwer heimgesucht.

»Ein Rückblick auf den Verlauf der neuesten Mont Peléeruption und auf die dabei zutage geförderten Auswurfsprodukte muß uns

Martinique bei solchen des Mont Pelé, weil die Soufrière so gelegen ist, daß der über den Krater hinwegwehende Wind die Insel fast in ihrer Längenausdehnung bestreicht, während auf Martinique nur noch ein kleiner Teil der Insel von dem den Mont Pelé passierenden Winde gestreift wird.«

So verheerend nun auch die Ausbrüche auf Martinique und St. Vincent waren, denen sich geringe vulkanische Regungen auf Dominica und Barbados anschlossen, so sind sie im geologischen Sinne doch sehr unbedeutend, und Dr. Stübel ist durchaus berechtigt, auszusprechen, daß sie keineswegs mit der Tätigkeit des großen Zentralherdes der Erde in Verbindung gebracht werden dürfen. Anderseits aber sind diese Erscheinungen doch so gleichzeitig an den verschieden Punkten eingetreten, daß ihnen ein innerer Zusammenhang nicht wohl abgesprochen werden kann. »Wenn es schon auffällig sein mußte«, sagt Dr. Stübel, »daß die neuesten Tätigkeitsperioden beider Zentren ihren Anfang fast gleichzeitig nahmen, so wird dem Glauben an das Walten eines Zufalles der Boden dadurch entzogen, daß die Ausbrüche vom 3. September, die der Katastrophe vom 7. und 8. Mai an Intensität kaum nachstanden, ja hier und dort wiederum gleichzeitig eintraten, diesmal sogar auf den gleichen Tag fielen. Durch diese gewiß sehr merkwürdige Tatsache könnten wir zu dem Schlusse verleitet werden, daß beide Ausbruchszentren einem gemeinschaftlichen Herde angehören müßten, wenn nicht zugleich auch der Anachronismus ihrer Tätigkeit für das Gegenteil spräche. Daß beide Herde, der des Mont Pelé und der der Soufrière in der Tat als unabhängig voneinander betrachtet werden müssen, bekunden außer den kleinern, nichtkoinzidierenden Eruptionserscheinungen in noch schlagenderer Weise die frühern, in historische Zeit fallenden Ausbrüche beider Vulkane, die, obgleich sie große Ausbrüche gewesen sind, dennoch nicht koinzidierten. Für Martinique kommt, neben dem zweifelhaften Datum von 1792, mit Sicherheit allerdings nur eine Jahreszahl, 1851, in Betracht, für St. Vincent dagegen deren zwei, 1718 und 1812. Dieses schwankende Verhalten beider Vulkane in ihren Beziehungen zueinander führt uns zu der Ansicht, daß die hier in Frage stehenden Inseln sicherlich über getrennten Herden liegen, daß diese aber auch noch mit einem ihnen gemeinschaftlichen, wahrscheinlich weit aktionsfähigern und tiefer gelegenen Herde in Verbindung stehen. Bei dem neuesten Ausbruche im karibischen Meere möchten wir nun annehmen, daß es nicht die Einzelherde gewesen sind, welche aus eigener Kraftentfaltung in Tätigkeit traten, sondern gewaltige Expansionsvorgänge, die sich in einem tiefern Herde vollzogen und auf die höher gelegenen Herde in verschiedenem Grade, je nach der Gangbarkeit der Verbindungskanäle einwirkten. Und nichts könnte diese Auffassung der Verhältnisse besser stützen, als die ungeheuren Massen toten Materiales die zunächst ausgestoßen werden mußten, um dem von unten wahrscheinlich nachdringenden

Magma Raum zu schaffen. Was ein solcher Raum nicht zu fassen vermag, fließt dann in Strömen über, sei es durch den Schacht eines alten Kraters, oder sei es durch einen neu erbohrten seitlichen Ausweg. Auf diese Weise würde sich wenigstens das gleichzeitige Eintreten von vulkanischen Reaktionen verschiedener Intensität und Äußerungsart an weit auseinander liegenden Orten möglicherweise am einfachsten erklären lassen.«

Schließlich wirft Dr. Stübel die Frage auf, was die Ausbrüche des Jahres 1902 im Karibischen Meere bezüglich der Frage lehren, ob die Tätigkeit vulkanischer Kräfte eine Herstellung permanenter Verbindung mit dem tiefern Erdinnern anstrebe, oder ob es sich dabei nur um Gewaltäußerungen handle, die von einem enger umgrenzten Ursprungsorte ausgehen?

»Wäre das erstere der Fall«, sagt er, »so würde das Wiedererwachen eines Vulkanes nur die Fortsetzung seiner frühern Tätigkeit sein, es würden an einem und demselben Ausbruchsorte unermeßlich große Eruptionen mit verschwindend kleinen in willkürlicher Reihenfolge miteinander abwechseln können; jeder Lavaerguß würde, auch wenn er zu den größten der irdischen Vulkane gehörte, doch nur einen Tropfen der ungeheuren Magmamasse darstellen, die der unerschöpfliche Behälter des Erdinnern birgt.

Dies wäre die Folge der Tätigkeitsart, die man bisher sehr allgemein als die der irdischen Vulkane vorausgesetzt hat.

Ihr gegenüber steht eine andere, auf neuere, vergleichende Beobachtungen gegründete Ansicht (nämlich eben die Dr. Stübels), die der vulkanischen Tätigkeit in der Gegenwart bestimmte Grenzen zieht. Nach ihr schöpfen die eruptiven Kräfte, im Vergleiche mit den Erzeugnissen ihrer frühern Tätigkeit am gleichen Orte, nicht mehr aus dem vollen einer uneingeschränkten Leistungsfähigkeit, sondern das, was sie an glutflüssigem Magma unter sonst nebensächlichen Gewaltäußerungen ausstoßen, ist das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit für einen bestimmten Herd und für ein ebenso bestimmtes Stadium im Absterben desselben. Infolgedessen läßt sich der Eintritt von unermeßlich großen Ausbrüchen aus noch fortwirkenden Eruptionszentren nicht erwarten; die Aktionsfähigkeit der Vulkanherde muß sich vielmehr, wie es scheint, immer innerhalb gewisser Grenzen halten, die für das eine Eruptionszentrum weiter, für das andere enger gezogen sind. Sofern also plötzliche Steigerungen in der Tätigkeitsart eines Vulkanes eintreten, können auch sie diese Grenzen nicht überschreiten.

Die wissenschaftliche Bedeutung, die der neueste Mont Peléausbruch für sich in Anspruch nehmen darf, ist in der Bestimmtheit zu suchen, mit der er auf das lokale Wirken der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart hinweist. Und dies geschieht um so nachdrücklicher, als auch ein zweites, benachbartes Zentrum, das von St. Vincent, zugleich in Aktivität versetzt worden ist. In dieser Gleichzeitigkeit liegt also der Schwerpunkt der vulkanischen Begeben-

heit des Jahres 1902 an dieser Stelle. Beide Eruptionszentren arbeiteten unverkennbar, wenn auch gleichzeitig, so doch völlig unabhängig voneinander, was sicherlich nicht stattgefunden hätte, wenn nur ein in unendlicher Tiefe gelegener Herd in Frage gekommen wäre, dessen Leistungen auch dynamisch dieser Tiefe entsprochen haben müßten. Und um das Bild eines so unbedeutenden Wirkens der vulkanischen Kräfte, das die letzten Ausbrüche im Karibischen Meere vor unsern Augen aufgerollt haben, zu vervollständigen, darf auch die Geringfügigkeit der Reaktionen auf andern Inseln der Antillengruppe der jetzigen und frühern Ausbruchsperioden nicht übersehen werden. Alle Erscheinungen deuten darauf hin, daß es sich auch in diesem ausgedehnten Vulkangebiete nur um das Wirken lokalisierter, im Ersterben begriffener Herde handeln kann. Daß glutflüssiges Magma aus bereits vorhandenen Kratern ergossen worden, ist nicht zu beobachten gewesen, daß aber solches dennoch als die eigentliche materia peccans angesehen werden muß, und auch in diesem Falle, wie so häufig, unterseeisch zum Austritte gelangt ist, kann nicht bezweifelt werden. Es wird also durch die neusten Eruptionsvorgänge auf den Kleinen Antillen die Richtigkeit des Satzes keineswegs in Frage gestellt, daß der Zweck aller vulkanischen Tätigkeit die Ausstoßung einer gewissen Menge glutflüssigen Magmas ist, die sich für einen bestimmten Herd und vielleicht nur für eine bestimmte Stelle desselben vorübergehend notwendig macht, nicht aber die Schaffung einer bleibenden Verbindung mit dem Ursprungsorte dieses Magmas angestrebt wird. Die Ausstoßung eines solchen Quantums glutflüssigen Magmas allein vermag den Gleichgewichtszustand im Innern des Herdes auf längere oder kürzere Zeit wieder herzustellen, je nach dem Grade der Erschöpfung, in der er sich bereits befindet.

Es war zu erwarten, daß die Herde des Mont Pelé und der Soufrière diese Erkenntnis gleichfalls bestätigen würden, und dies ist auch, soweit sich der Verlauf der Begebenheit bis jetzt überblicken läßt, wirklich der Fall gewesen.

Nichts aber vermag beweiskräftiger für das Vorhandensein begrenzter, peripherischer Herde zu sprechen, als die Erzeugung toten Materiales, der Schlacken und Asche in so ungeheuren Mengen, wie sie besonders beim Beginne einer Eruptionsepoche zur Ausstoßung gelangen und auch hier wieder gelangt sind. Schlacken bilden sich bei der Erstarrung gasreichen Magmas durch Abgabe von Wärme, die, wenn auch weit langsamer als in freier Luft, gleichfalls in den geschlossenen Räumen peripherischer Herde vor sich gehen muß. Da aber Magmamassen, die peripherischen Herden angehören, eine Ergänzung der von ihnen abgegebenen Wärme aus der Tiefe des etwaigen Zentralherdes wahrscheinlich nicht in gleichem Maße ihres Verlustes erfahren, so liegt es auf der Hand, daß diese Herde zugleich auch Erzeugungsorte großer Schlackenmassen sein müssen. Und von dem quantitativen Verhältnis, in welchem der Rest der glutflüssigen Füll-

masse solcher Herde zu der bereits in Erstarrung übergegangenen oder übergehenden steht, wird im allgemeinen die größere oder geringere Menge des toten Materiales abhängen, daß wir bei Eruptionen, wie auch jetzt wieder bei denen des Mont Pelé und der Soufrière ausgestoßen sehen. Je länger die Pausen zwischen den einzelnen Ausbruchsperioden währen, umsomehr wird, wie man voraussetzen darf, das Quantum des toten Materiales in der Tiefe anwachsen; seine Ausstoßung ist daher keineswegs ein Beweis für die vitale Kraft eines Herdes, sondern für dessen Siechtum, das einen letalen Ausgang unfehlbar nehmen muß.

Die eigentliche, weithin schreckenverbreitende Kratertätigkeit der auf der Erde noch vorhandenen Ausbruchszentren entspringt lediglich dem Kampfe des energiebegabten Magmas mit dem toten Materiale, durch dessen bergartige Aufschichtungen es selbst der Äußerung seiner Kraft im Laufe der Zeit feste Schranken zieht, und die es bei jeder aufs neue erzwungenen Durchbrechung nur noch verstärkt, indem es ihnen weitere tote Massen hinzufügt.«

»Die Tätigkeitsperioden ersterbender Herde pflegen mit Schlacken- und Aschenauswürfen zu beginnen und schließen auch zumeist mit solchen ab, doch zeigen sie sich dann von geringerer Heftigkeit und Dauer. Die so vorherrschend aus totem Materiale aufgeschichteten Kegel sind die Schlußstücke der gewaltigen Grabmonumente, die sich die vulkanischen Kräfte dort, wo sie ihre einstige Tätigkeit walten ließen, errichteten oder zu errichten noch fortfahren.«

Der Puy de Dôme ist von Dr. P. Verbeek auf Grund eigener Ersteigung geschildert worden.[1]) Seine Höhe beträgt 1465 *m*, und sein Besuch wird von Clermont-Ferrand aus unternommen, eine Stadt, die von den Puys in weitem, nach Osten geöffnetem Halbkreise umlagert ist, aus dessen Mitte die beherrschende Kuppe des Puy de Dôme, von allen Plätzen der Stadt sichtbar, hervorragt. Der oberste Teil des Berges ist waldlos, die obern Hänge sind mit spärlichem Grase bedeckt, der Gipfel selbst bildet ein kleines Plateau, das wieder von einem Hügel überragt wird. Oben befindet sich (seit 1876) ein meteorologisches Observatorium, das mit Clermont telephonisch und telegraphisch verbunden ist. »Vom Puy de Dôme, der wie ein mächtiger Aussichtsturm diese interessante Welt überragt, lassen sich besonders schön die Kratere erkennen, die in den verschiedensten Formen die alten Feuerberge krönen. Da senkt sich nach Norden der Blick steil hinab in den Krater des kleinen Puy de Dôme, dessen Wände fast gänzlich aus Schlacken bestehen, und der wegen seiner regelmäßigen Form Hennennest — nid de la poule — genannt wird. Weiter nördlich erhebt sich der Puy de Pariou mit seinem kreisrunden, 810 *m* im Durchmesser und 93 *m* in die Tiefe messenden

[1]) Deutsche Geogr. Blätter 1903. 26. p. 105.

Krater, der wieder von einem teilweise erhaltenen, sommaartigen Kraterrande umgeben ist. Aus ihm hat sich voreinst ein mächtiger Lavastrom ergossen, der sich die Hänge des Plateaus herunter bis nach Clermont zieht. Noch größer ist der Lavastrom, der aus dem westlich danebenliegenden Puy de Côme geflossen ist. Von seinem Ausgangspunkte bis zum Bette der Sioule, wo er sein Ende nimmt, mißt er 10 *km*. Weiter nördlich sieht man de Puy Chopine, der mit seinem Krater in den größern Schlund des Puy de la Goutte eingeschachtelt ist. Auch nach Süden hin erhebt sich noch eine Reihe von Puys, zwischen denen der Lac d'Aydat hervorblitzt, dessen Spiegel der Stauung des Veyrebaches durch einen Lavastrom sein Dasein verdankt. Was diese vulkanische Gegend so anziehend macht, das ist der Schein der Neuheit, der über ihr liegt; die öden Kraterberge scheinen noch zu drohen, die tief zerrissenen Lavaströme sehen aus, als wären sie erst jetzt geflossen. Das Volk betrachtet sie daher auch mit Mißtrauen, da sie ihm einen großen Teil anbaufähigen Bodens rauben; und es werden noch Jahrtausende vergehen, ehe der Pflug über diese Steinwüsten geführt werden kann. Der Name Cheires, womit es sie benennt, ist auch auf die Karten übergegangen.

Über die südlichen Puys hin schweift das Auge auf die mit Hügeln besäte und von Tälern zerrissene Hochebene, die sich nach Osten hin langsam abfallend in die weite Ebene von Limousin verliert.

Nach Süden findet der Blick auf die Hochebene eine Schranke durch das mächtige Massiv des Mont Dore. Das treffliche Fernrohr des Observatoriums läßt die Einzelheiten deutlich erkennen; die tiefen Täler, die von den Flüssen in seine Flanken eingegraben sind; die nadelscharf aufsteigende Pyramide des Puy de Sancy, seine felszerrissenen Hänge nach dem Val d'enfer. Dahinter aber, schon in beträchtliche Ferne gerückt, erhebt sich breit und massig der Rücken des Cantal. Weiter im Südwesten zieht sich ein langgestrecktes, nach Nordwesten gerichtetes Gebirge hin; in seiner mauerartigen Erhebung erinnert es an den Schweizer Jura. Doch das Fernrohr löst es in eine Menge von Kegelbergen auf; mit seinen zahlreichen kratertragenden Puys gleicht es einer großen Fabrikstadt, in der sich Esse an Esse reiht. Es sind die zwischen den Quellen von Loire und Allier gelegenen Cevennen von Velay.«

Die Vulkane bei Karabunar im südöstlichen Kleinasien sind von F. Schaffer besucht worden.[1]) Die Stadt Karabunar liegt ganz im vulkanischen Randgebiete der lykaonischen Senke, umgeben von Tuffhügeln und Anhäufungen vulkanischen Schlammes, der zur Gewinnung von Salpetersäure auf primitive Weise ausgelaugt wird. Die jungen Miniaturvulkane, die sich östlich von Karabunar erheben, gehören nach Schaffer zu den interessantesten Beispielen von Eruptions-

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1903. p. 76.

zentren und sind als wahre Musterbeispiele den Vorkommnissen der Umgebung von Clermont an die Seite zu stellen, bieten aber noch größere Abwechslung als diese. »Hier liegt ein einfaches oblonges Maar mit senkrechten Wänden und ebenem Boden in den Untergrund der von ausgeworfener Asche bedeckten Ebene eingebettet, daneben befindet sich ein viel größeres rundes Maar, das einen Salztümpel birgt, aus dem sich ein Aschenkegel mit einem wohlerhaltenen Krater inselartig bis über das Niveau der Umgebung erhebt. Wir müssen uns wohl vorstellen, daß hier zuerst eine große Explosion stattgefunden hat, die das Maar schuf, und erst später Asche gefördert wurde, die sich zu dem Kegel anhäufte.

In nächster Nähe erhebt sich ein Vulkanberg mit 2 Kratern, einem ältern flachen, auf der Spitze gelegenen und einem jüngern sehr tiefen, der nach Norden gerückt ist und das Felsgerüste des Berges bloßlegt. Im Osten und Westen liegen noch andere, zum Teil prächtig erhaltene erloschene Vulkane.« Der Karadscha Dagh, der sich wie ein Gebirgszug nordöstlich von Karabunar erhebt, scheint ein stark erodiertes Vulkanmassiv, nicht eine Kette von Eruptionskegeln zu sein, wovon der Reisende sich durch den Anblick, den er von verschiedenen Seiten bietet, überzeugt zu haben glaubt.

Die vulkanischen und seismischen Vorgänge im Ostindischen Archipel während des Jahres 1901 behandelt eine Publikation des magnetischen und meteorologischen Observatoriums zu Batavia.[1]) Der bedeutendste Ausbruch fand statt beim Kelvet am 23. Mai 1901. Der Smeroe verursachte am 29. und 30. Januar starken Aschenregen, am Sapoetan erschütterten in den Tagen vom 6. bis 9. Februar starke Erdbeben die weitere Umgebung, am Vulkane von Banda und am Rendjani hörte man einen starken Knall und verspürte schwache Beben, bei ersterm am 18. und 19. Mai, bei letzterm am 1. Juni. Der Ausbruch des Kelvet begann unter starkem Getöse in der Nacht vom 22. zum 23. Mai; leuchtende Wolken trieben unter heftigen elektrischen Entladungen mit dunklen Aschenwolken vereinigt gegen WNW, und bald begann ein stärker werdender Stein- und Aschenregen. Durch den westwärts getriebenen Aschenregen wurden besonders die Gegenden um Kedivi und Paree geschädigt. Der tätige Krater enthielt einen See, aus dem sich bei dem Ausbruche ein Schlammstrom längs der Ravinen des Berges gegen Blitor ergoß und die Plantagen der Umgegend verwüstete. Wirkliche Lavenergüsse traten nicht auf. Das Material der gefallenen Steine ist Pyroxenandesit; die gleichen Mineralkomponenten enthält auch die gefallene Asche, sehr ansehnlich ist ihr Gehalt an Magnetit, der stellenweise bis 45 % beträgt. Die Verbreitung des Aschenregens umfaßt ein

[1]) Naturk. Tijdsschrift voor Ned. Indië 1902. 62. p. 162. Vgl. Naturw. Rundschau 1903. p. 385.

elliptisches Gebiet, dessen Längsachse ungefähr N 75° W verläuft und ungefähr 750 *km* lang ist, und dessen Größe etwa 115065 *qkm* beträgt. In der dem Vulkane nächsten Zone ward ein Gebiet von 75 *qkm* 2 *m* hoch durch die Asche bedeckt; etwa 150 *qkm* zeigten eine Aschenhöhe von 0.5 *m*, 247.5 *qkm* eine solche von 0.05 *m*, 2497.5 *qkm* eine von 0.02 *m* und das übrige Gebiet eine von 0.001 *m*. Unter den zahlreichen gemeldeten Erderschütterungen, die in jedem Monate auftraten, sind keine von größerer Tragweite gewesen.

Ausbruch eines Inselvulkanes im Golfe von Tomini. Die große ostindische Insel Celebes läuft nordostwärts in zwei schmale Lappen oder Finger aus, welche den Meerbusen von Tomini (oder Gorontalo) umschließen. Dieser Meerbusen zerfällt in zwei annähernd kreisförmige Becken, welche durch die Togean- oder Schildpadinseln gegeneinander abgegrenzt sind. Die Anzahl dieser Inseln beträgt etwa 30, und die größten davon heißen: Togean, Binang-Unang, Masapi, Lebiti, Batudata, Malingi, Walea kiki und Walea daä. Die Gebrüder P. und F. Sarasin, welche Celebes Mitte der 90er Jahre besuchten, sagen über die Togeaninseln: »Dieselben sind nach den Angaben verschiedener Berichterstatter vulkanischer Natur, und die Gestalt der Hügel spricht in der Tat dafür. Wenn man von Westen her nach der Togeangruppe schaut, erblickt man ein ausgedehntes flaches Land, vermutlich eine Korallenbildung, über welches östlich in der Ferne Hügel emporragen, die sehr wohl als Vulkanruinen angesehen werden können. Una Una oder Binang Unang gleicht einem umgekehrten Teller, dessen Mitte zerrissene Felsen, wohl Reste eines Vulkanes, einnehmen.«

Dieser Vulkan ist nun in den letzten Jahren zu großer Tätigkeit erwacht, und Arthur Wichmann (Utrecht) hat jetzt alles darüber bekannt gewordene Material gesammelt und veröffentlicht.[1]) Hiernach begann die Tätigkeit am 10. April 1898 durch Erdstöße auf Una Una, welche 24 Stunden andauerten und ab und zu von heftigen Detonationen begleitet waren, deren Ursprungsort nicht ermittelt werden konnte. Auch an den nächsten Tagen dauerten diese Erdstöße fort. In der Nacht des 2. Mai gegen 1 Uhr sah man eine gewaltige schwarze Rauchsäule unbeweglich über der Insel stehen. Am folgenden Tage suchte infolgedessen ein Dampfer die Insel anzulaufen, vermochte aber nicht, Anker zu werfen, da Aschen und Steine unter heftigen Detonationen ausgeworfen wurden. Auf See wurden einige Prauen mit flüchtenden Bewohnern angetroffen. Während der Weiterfahrt nach Parigi herrschte ein starker Aschenregen, so daß die Sonne unsichtbar blieb. Als man 3 Tage später nach Una Una zurückkehrte und dort vor Anker ging, befand sich zwar der Vulkan noch in Tätigkeit, doch rieselten nur noch geringe Aschenmengen hernieder. Zu

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft 54. p. 144 ff.

Gorontalo hörte man am Abende des 11. Mai gegen $10^1/_2$ Uhr 2 Schüsse, die von einem Erzittern der Luft begleitet waren. Es ist unbekannt geblieben, ob dieselben mit einem erneuten Ausbruche im Zusammenhange standen. Gewiß ist aber, daß ein solcher in der 1. Hälfte des Juni erfolgte, denn am Morgen des 14. Juni wurde in der Palosbai (Bai von Palu), an der Westküste von Celebes, ein Aschenregen beobachtet. Derselbe war aus dem Nordosten, einer dichten Nebelwand gleichend, allmählich herangerückt. Infolge des später sich auftuenden Seewindes wurden die Aschenmassen wieder zurückgetrieben. Am frühen Morgen des 16. Juni wiederholte sich zu Dongala an der Palosbai dasselbe Schauspiel. Am 20. Juni, um $1^3/_4$ Uhr nachts, hörte man an demselben Orte dreimaliges Getöse, dem Donner schwerer Geschütze gleichend. Zwischen der 1. und 2. Detonation trat eine Pause von 20 Sekunden ein, während die zweite und dritte unmittelbar aufeinander folgten. Zu derselben Zeit wurde zu Gorontalo ein Erdstoß bemerkt. Augenscheinlich stehen diese Ereignisse mit der Tätigkeit des Vulkanes in Verbindung, doch fehlen nähere Angaben. Dagegen wird aus Samarinda im Reiche Kutei, an der Ostküste von Borneo, gemeldet, daß am Morgen des 27. Juni sämtliche Pflanzen und Häuser mit einer dünnen Aschenschicht bedeckt erschienen.

In der Nacht vom 28. zum 29. Juli wurde zu Dongala ein nur wenige Sekunden währendes Erdbeben, in der Richtung O—W, beobachtet. An den Tagen des 1., 5. und 7. August gingen zu Dongala ziemlich heftige, aus NO kommende Aschenregen nieder, die von den Seewinden später wieder zurückgetrieben wurden.

Als der Dampfer »Reael« am 8. August sich in der Nähe der Palosbai befand, wurde derselbe des Morgens um 8 Uhr von einem Aschenschauer überrascht, der bald darauf in einen Schlammregen überging. Es herrschte Dunkelheit und zugleich hoher Seegang. Der Regen hielt während der nach Süden gerichteten Fahrt noch bis 11 Uhr des Vormittags an. Auf Deck, sowie auf den Masten hatten die Aschen- und Schlammmassen eine Dicke von $^1/_2$ Fuß erreicht.

Einen Tag später befand sich das Schiff »Sri Borneo« unter 2° 5′ westl. Br. und 118° 52′ östl. L., als es in den Aschenregen geriet, der bis zum Morgen des 9. August anhielt. Bei der Ankunft in Dongala vernahm der Kapitän, daß der Ort jene Tage 4 Stunden lang in Finsternis gehüllt gewesen sei, sowie daß der zeitweilig von Schlamm- und Gewitterregen begleitete Aschenfall 2 Tage — einige Ruhepausen abgerechnet — gewährt hatte. Als die »Sri Borneo« um 4 Uhr nachmittags die Reede verließ, fielen noch immer Aschenmassen hernieder und begleiteten den Dampfer auch auf seiner Fahrt nach Kutei an der Küste von Borneo. Bei der Ankunft in Samarinda waren die Bäume mit feiner Asche bedeckt, während das Schiff aussah, als sei dasselbe einem Schneesturme ausgesetzt gewesen.

Zu Buntok, Abteilung Dussunlande der Süd- und Ostabteilung von Borneo, begann der Aschenregen am 16. August gegen Abend und hörte erst an dem darauffolgenden Morgen auf.

Zu Muwara Teweh, ebenfalls in den Dussunlanden gelegen, wiederholte sich ein Aschenregen am Morgen des 30. August.

In einem Briefe an A. Wichmann aus Posso d. d. 1. September heißt es: »Die letzten Nachrichten aus Una Una lauten dahin, daß der Berg noch fortwährend aus Krateröffnungen raucht. Wir haben hier keinerlei Unannehmlichkeiten davon, da die Aschen infolge der herrschenden Ostwinde nach Parigi und Sausu getragen werden. Das Eiland ist von seinen Bewohnern gänzlich geräumt worden, sämtliche Süßwasserquellen sind versiegt und die ausgedehnten Anpflanzungen von Kokospalmen vernichtet worden. Ein Stück Land, wie ich glaube im nordwestlichen Teile, ist in das Meer gesunken.« Endlich heißt es in einem undatierten Berichte, augenscheinlich aus dem Anfang des Oktober, daß die vulkanische Tätigkeit auf der Insel noch fortdauere. Zwar erfolgten keine Aschenregen mehr, aber unausgesetzt fänden Erderschütterungen statt.

Im Juni des Jahres 1899 besuchte der Kontrolleur von Posso, Herr F. Dumas, die Insel. Seinem von einem Kärtchen begleiteten Berichte entnimmt A. Wichmann folgendes: »Vor dem Ausbruche, ergoß sich in die an der Nordostseite befindliche Bai, wo die Schiffe vor Anker gehen, ein Bach, dessen Bett kaum 1 Faden breit war, und dessen Wasser eine Tiefe von nur $1-1^1/_2$ Fuß besaß. An Stelle desselben hat sich nunmehr ein Flußbett von ansehnlicher Breite gebildet, das sich vom Strande aus in südwestlicher Richtung verfolgen läßt. Dasselbe ist erfüllt von feuchten dunkelgrauen Sanden, auf welchen zahlreiche Brocken eines ausgeglühten Sandsteines (sic!) von derselben Farbe und außerdem vereinzelte Fragmente eines roten Sandsteines zerstreut umherliegen. Bei der Wanderung längs des Flußbettes wird man überrascht durch den Anblick der ihrer Rinde und Zweige beraubten Bäume. Viele Stämme sind zu Boden geworfen und zerbrochen; dabei liegen sie an vielen Stellen, Holzscheiten gleich, um Ufer des Flusses aufgeschichtet. Es hat den Anschein, als ob infolge der Gewalt des Stromes Felswände abgestürzt und die früher die Abhänge bedeckenden Bäume gegen das Ufer geschleudert worden seien. In allen höher gelegenen Teilen ist die Pflanzenwelt einer vollständigen Vernichtung anheimgefallen, wie dies auch vom Meere aus deutlich zu beobachten ist. Die Strauchgewächse, welche hier und da zwischen den stehengebliebenen Baumstämmen angetroffen werden, können erst nach dem Ausbruche zur Entwicklung gelangt sein. Als eine sehr eigentümliche und zugleich charakteristische Erscheinung ist es zu bezeichnen, daß die in der Nähe des Strandes befindlichen Kokospalmen erhalten geblieben sind. Wohl hängen die untern Blätter traurig herab, und sind die Nüsse außerordentlich klein geraten, vernichtet aber ist kein Baum.

Den Mitteilungen der Eingeborenen zufolge kommen von Zeit zu Zeit noch Erdbeben vor, und finden auch noch Schlammergüsse statt, die sich durch ein unterirdisches Rollen ankündigen. Diesen Ausbrüchen geht außerdem Rauchentwicklung am Berge vorher. Der größte Teil der nach Togian geflüchteten Bevölkerung ist wieder zurückgekehrt, doch hat dieselbe viel von Unterleibskrankheiten zu leiden, deren Ursache auf die schlechte Beschaffenheit des Trinkwassers zurückgeführt wird. Sowohl das Wasser der warmen, als das der kalten Quellen besitzt einen schwach alkalischen Geschmack.

A. Wichmann teilt ferner noch einige Bemerkungen mit über einen flüchtigen Besuch, den ein Bergingenieur (M. Koperberg) im September 1900 der Insel abgestattet hat. »Die Tätigkeit beschränkt sich seit dem Ausbruche von 1898 auf das Aushauchen von Dämpfen durch den Kegel, der sich damals in dem gegenwärtigen Krater gebildet hat, während aus dem Kraterboden an einer einzigen Stelle periodisch Dampf unter Getöse ausgestoßen wird. Die jüngste Eruption hat ausschließlich Sand und Asche geliefert, und dasselbe scheint auch, nach den noch vorhandenen Überbleibseln älterer Ränder zu urteilen, mit frühern Ausbrüchen der Fall gewesen zu sein. Festes Eruptivgestein scheint sich lediglich an der Zusammensetzung des ältesten Kraterrandes, der an der betretenen Südseite des Kegels sichtbar ist, zu beteiligen.«

Aus allem schließt Wichmann, daß dem Ausbruche auf Una Una von unterirdischem Getöse begleitete Erschütterungen vorhergingen, welche die Mehrzahl der Bewohner bereits veranlaßten, das Weite zu suchen. In der Nacht des 1. zum 2. Mai 1898 erfolgte der erste und augenscheinlich heftigste Ausbruch, dessen Gewalt sich innerhalb dreier Tage erschöpft hatte. Ferner stehe fest, daß in den Nächten des 13.—14., 15.—16. und 19.—20. Juni die Eruptionen sich wiederholten. Die bei der letzten Gelegenheit herausgeschleuderten Aschen erreichten in der Nacht des 26.—27. Juni die Ostküste von Borneo. Erneute Ausbrüche hätten sodann noch in den Tagen des 1., 5. und 7. August stattgefunden, wobei die Aschen abermals nach Borneo, und zwar weit in das Innere hinein (Buntok, Muwara Teweh) getragen wurden. An dem letztgenannten Orte wurde sogar noch am 30. August Asche bemerkt, so daß der Vulkan auch noch in der 2. Hälfte des August eine lebhaftere Tätigkeit entfaltet haben muß. Damit scheinen aber die eigentlichen Explosionen ihr Ende erreicht zu haben, wenngleich der Vulkan noch bis in den Oktober hinein geraucht hat, und auch Erschütterungen des Bodens bemerkt wurden. Die letztgenannten Erscheinungen hatten im Lauf des Jahres 1899 noch nicht aufgehört, wie denn auch von Zeit zu Zeit Schlammergüsse stattfanden.

Wichmann macht besonders auf die Verbreitung der Aschen aufmerksam und erläutert dieselben durch ein Kärtchen. Hiernach dehnte sich der Aschenfall westwärts über die Makassarstraße nach dem

östlichen Borneo hinaus über 800 *km* weit über ein Gebiet von 303 000 *qkm*. Wichmann bemerkt, daß gemäß der Beschaffenheit der Asche diese nicht als Zerstäubungsprodukt eines flüssigen Magmas angesehen werden könne, da Scherben und Splitterchen eines reinen Glases völlig fehlen, auch sei das vollständige Fehlen von Gaseinschlüssen bemerkenswert. »Bei Vulkanen«, sagt er, »die sich seit langer Zeit in einem Zustande solfatarer Tätigkeit befinden — und nur diese — lassen eine tief bis ins Mark des Berges eindringende chemische und damit im Zusammenhange stehende mechanische Zersetzung erkennen. Erfolgt nunmehr eine Explosion, ohne von flüssiger Lava begleitet zu sein, wie dies gegenwärtig bei weitaus den meisten tätigen Vulkanen des Indischen Archipels der Fall ist, so wird das durch und durch morsche Material in Gestalt von Aschen, Sanden und größern Gesteinsfragmenten auseinander gesprengt.«

Einen Zusammenhang des Vulkanes von Una Una mit andern in benachbarten Gebieten auftretenden Vulkanen hält Wichmann für unwahrscheinlich. Nach seiner Ansicht hat man es mit einem für sich allein stehenden Vorkommen zu tun, und zwar habe der Vulkan von Una Una sich inmitten des Tominibusens aufgebaut, in ähnlicher Weise, wie dies mit dem in der Bandasee isoliert sich erhebenden Gunung Api der Fall ist.

Die tätigen Vulkane auf den Philippinen. In dem großen von Jesuitenpatres herausgegebenen Werke El Archipiélago filipino[1]) wurden u. a. auch tätige und erloschene Vulkane dieser Inselgruppen aufgezählt.

Von den erstern folgende:

Vulkan	Höhe *m*	Insel	Provinz
1. Mayon oder Albay	2734	Luzón	Albay
2. Taál	320	„	Batangas
3. Bacón oder Pocdol	1400	„	Albay
4. Bulusan	?	„	„
5. Babuyan	?	Babuyan	Archipel d. Babuyanen
6. Camiguín de Babuyanes	736	Camiguín	„ „ „
7. Didica	60	Didica	„ „ „
8. Canalaón od. Malaspina	1400	Negros	Grenze von Negros Oriental u. Occidental
9. Camiguín del Sur	340	Camiguín	Misámis
10. Macaraturín	?	Mindanao	Cottabató
11. Apó	3300	„	Dávao

Der vulkanische Ausbruch auf Sawaji. Im November 1902 haben auf dieser zur deutschen Samoagruppe gehörigen Insel vulkanische Erscheinungen stattgefunden. Dieselben waren indessen nicht be-

[1]) 2 Vol. Washington 1900.

deutend. Ein wissenschaftliches Gutachten des Geologen Dr. Paul Großer, der um die Zeit des Ausbruches in der Nähe der Insel verweilte, besagt im wesentlichen folgendes:[1] »Die der Durchsichtigkeit nach verhältnismäßig kleine Menge des aus dem tätigen Vulkane aufsteigenden Rauches, seine, von fern gesehen, fast weiße Farbe und daher geringe Beladung mit festen (Aschen-) Bestandteilen, sowie Dr. Tetens Mitteilungen von den geförderten Erzeugnissen lassen die Phänomene als unbedeutend bezeichnen.

Schon dem Auge des gebildeten Laien entgeht es nicht, daß Sawaji eine jüngere geologische Geschichte besitzt als Upolu. Seine noch von wenig Humus bedeckten Laven und unzähligen wohlerhaltenen Sekundärkegelchen, im höchsten Maße aber das »Mu«, der von den Atmosphärilien noch fast unzersetzte Lavastrom, welcher am Nordgehänge der Insel herabfloß und sich an der Küste weit ausbreitete, lassen die Oberflächenformen als geologisch ganz jugendliche erkennen. Aber selbst am Maßstabe der gegenüber der Erdgeschichte verschwindend kleinen Geschichte der Menschheit gemessen, muß das letzte Auftreten vulkanischer Erscheinungen, der Erguß des »Mu«, in nicht allzu ferne Zeit zurückgelegt werden, so daß wahrscheinlich die Jahrhunderte ihres Alters an den Fingern einer Hand abgezählt werden können.

So nimmt es nicht wunder, daß gerade Sawaji der Schauplatz neuer vulkanischer Reaktionen ist. Wie bekannt, traten dieselben ohne Verderben bringende Vorboten auf — gegenüber dem in der Regel beobachteten Verhalten nach jahrhundertelangem Schlummer wiedererwachender Vulkankräfte eine durchaus auffallende Erscheinung. Sie drängt den Schluß auf, daß der Vulkanismus keinen großen Widerstand zu überwinden hatte, um seinen Zweck, nämlich die Ausstoßung vom feuerflüssigen Magma und von Dämpfen, zu erreichen. Vielleicht ist dies ein gutes Vorzeichen für den Verlauf des derzeitigen Ausbruches, weil es der begründeten Hoffnung Raum gibt, daß die vulkanischen Kräfte in aller Ruhe sich ausgeben und nicht durch gewaltige Erderschütterungen oder aus solchen hervorgehende Flutwellen Verderben bringen werden. Auch die zentrale Lage des Feuerherdes mitten in den Bergen gebietet eine durchaus ruhige Auffassung der Lage.

Das viel größere Alter des Antlitzes von Upolu deutet auf ganz getrennte Herde der beiden Inseln, und die Erfahrungen auf dem Gebiete der Vulkanologie lassen es als ausgeschlossen erscheinen, daß auch hier neues Leben unterirdischer Mächte erregt wird.«

Die Eruption des Vulkanes auf Toroshima in Japan im August 1902.[2] Diese Insel, auch Ponafidin genannt, liegt zwischen Hondo und den Bonininseln. Sie ist 2.4 *km* lang, + 1.8 *km* breit und

[1] Gaea 1903 p. 136.

[2] Umlauft, Dtsch. Rundschau f. Geographie 1903. 25. p. 349.

wurde von etwa 125 Leuten bewohnt, die sich mit dem Fange von Albatrossen beschäftigen. Geologisch betrachtet ist sie ein Stratovulkan, welcher aus Pyroxenandesit und dessen Agglomeraten aufgebaut ist. Der Berg besteht aus 2 Teilen, dem zentralen Eruptionskegel und der äußern Somma. Zwischen beiden ist das Atrium, ein ringartiges flaches Stück Land, etwa 250 *m* über dem Meere, auf welchem eine Eisenbahn für den Transport der Vögel angelegt worden war. Der zentrale Kegel, 352 *m* hoch, welcher den Namen Komochiyama führt, war durch die Eruption zum größern Teile zerstört worden. Die Somma wird in 2 Teile getrennt durch 2 Barrancos, von welchen der eine vom Atrium nach Norden, der andere nach Süden verläuft. Der Teil westlich von den Barrancos ist 340 *m* hoch und heißt Tsukimiyama, der östliche Teil, 300 *m* hoch, heißt Asahiyama. Auf dem zentralen Kegel lagen zwei alte Krater, die noch nebeneinander existieren, der eine nördlich vom andern. Der nördliche heißt Naka-no-kubo (d. i. mittlere Depression), der südliche Minamikubo (d. i. südliche Depression). Beide haben einen Durchmesser von ca. 150 *m* und sind beiläufig 30 *m* tief. Im Norden von diesen Kratern liegt noch ein Krater, der Kitano-kubo (d. i. nördliche Einsenkung) gerade auf der äußern Grenze des Atriums. Er ist von derselben Größe wie die beiden andern. Ein 4. Krater liegt südlich vom Komochiyama an einer Stelle, die etwas niedriger als das Atrium ist. Er führt den Namen Buta-no-kubo (d. i. Schweinssenkung) und ist kleiner als die andern. In der Linie dieser 4 Krater lag die Bai von Chitose-ura, welche von einem steilen Abhange begrenzt wurde, dem früher eine Terrasse vorgelagert war. Diese Bucht wird als ein alter Krater angesehen. Am 10. August 1902 sah man von einem vorüberfahrenden Dampfer aus, daß von dieser Insel Rauch aufstieg, und das Meer von Asche getrübt war. 3 Tage früher war dergleichen nicht wahrgenommen worden. Am 16. August hatte sich der Anblick der Insel sehr verändert; der zentrale Kegel war verschwunden, und an seiner Stelle hatte sich ein weiter Krater geöffnet, aus dem dichte Rauchmassen aufstiegen. Die Oberfläche des Eilandes, welche vorher von Pflanzen begrünt war, war nun größtenteils in ein Aschenfeld verwandelt. Überdies stieg eine Seemeile südwestlich von der Insel alle 12 bis 20 Minuten eine ca. 200 *m* hohe Wassersäule auf.

Eine vor Tagen abgesandte wissenschaftliche Kommission fand den Krater 500 *m* lang, 200 *m* breit und 80—100 *m* tief. Wasserdampf und schweflige Gase entströmten ihm. Ein 2. Krater hatte sich an der Küste an einer Stelle gebildet, welche Hyoryu-Sato genannt wird. Es ist dies ein tiefer, fingerartiger Einschnitt in die Küste, 100 *m* lang, 30 *m* breit und 20 Faden tief, begrenzt von einer senkrecht abfallenden, säulenförmigen, 50 *m* hohen Wand. An diesen Stellen strömen Schwefelgase mit solcher Gewalt aus, daß das Wasser fußhoch emporgeschleudert wird. Der Abhang hinter

Chitose-ura war abgerutscht und hatte das Dorf auf der Terrasse und einen Teil der Bucht bedeckt. So war eine Böschung von ca. 40° mit einer Höhe von 150 *m* entstanden, und an der Küste hatte sich eine halbmondförmige Sanddüne von 5—6 *m* Breite gebildet, die eine Fläche von 56 *qm* bedeckte. Auch an den Gipfeln des Tsukimiyama und Asahiyama hatten Erdrutschungen stattgefunden.

Auch Spalten waren durch die Eruption entstanden, am zahlreichsten bei Meiji-ura.

Der Auswurf beschränkte sich auf Steine und Asche. Am tiefsten, ca. 3 *cm*, lag die Asche bei Hyoryu-Sato und in der Umgebung. Die Steine, welche der neue Krater des Komochiyama ausgeschleudert hatte, erreichten 2—3 *m* im Durchmesser.

An Stelle der submarinen Eruption, welche am 16. August im Südwesten der Insel beobachtet worden war, waren nunmehr nur noch Exhalationen von schwefligen Gasen, welche vom Grunde des Meeres aufstiegen, zu beobachten. Von den Bewohnern der Insel, deren Zahl auf 125 angegeben wurde, war keine Spur mehr zu entdecken.

Der Vulkan Izalco ist im Dezember 1902 von Dr. K. Sapper besucht worden.[1]) Dieser Feuerberg hat im Jahre 1770 seinen Anfang genommen auf einer Viehweide am Südabhange des Vulkanes Lamatepec (oder S. Ana) durch Aschenauswürfe, die zuerst einen kleinen Hügel bildeten, der durch stetig fortdauernde Eruptionen und durch Aussenden von Lavaströmen allmählich zu einem stattlichen Berge von ungefähr 800 *m* relativer Höhe und 1880 *m* absoluter Höhe heranwuchs. Erst 1865 gönnte sich der Feuerberg ein wenig Ruhe, um 1868 abermals seine gewohnte Tätigkeit in zahlreichen kleinen Eruptionen aufzunehmen. Im Januar 1901 aber ruhte der ruhelose Berg, bis er im Mai 1902 wieder aktiv wurde.

»Grau und ernst«, sagt Sapper, »mit straffgezeichneten steilen Konturlinien steigt der vegetationslose Feuerberg inmitten der lachenden grünen Landschaft auf, und schon aus weiter Ferne erblickt man die warnenden Rauchwolken, während bei Nacht die wie ein Feuerregen niedersprühenden und am Berghange niedergleitenden glühenden Steine und Aschen ein Feuerwerk darstellen, wie es so schön und groß keine menschliche Kunst zu bereiten vermöchte. So herrlich dies Schauspiel schon aus der Ferne erscheint, so gewinnt es doch an eindringlicher Wirkung noch außerordentlich, sobald man es aus der Nähe betrachten kann. Das ist hier sehr leicht möglich, da kaum 1½ *km* vom Ausbruchspunkte entfernt, in gleicher Höhe wie dieser, am Abhange des S. Anavulkanes eine kleine bewohnte Hütte sich findet, in der ich während der Tage meines Aufenthaltes Quartier bezog und in den Rastpausen zwischen den Exkursionen bei Tag und Nacht die prächtigen Ausbrüche mit aller Ruhe und

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 373.

Bequemlichkeit betrachtete. Die Ausbrüche erfolgen nicht mehr wie früher aus einem der 3 Gipfelkrater, sondern aus einer neuen Boca in einer Art Nische des Nordabhanges. Ein offenes Mundloch existiert nicht, sondern vor Beginn der Eruptionen beginnt gewöhnlich aus einer Anzahl stets neu sich bildender, radial angeordneter Spalten etwas Rauch auszuschwitzen, dann öffnet sich plötzlich eine größere Spalte oder sonstige Öffnung und stößt unter starkem Getöse einen Aschen- oder Dampfballen und zahlreiche große und kleine Steine aus, die im Bogen 100—200 *m* hoch über die ursprüngliche Wolke hinausfliegen, oft einen feinen Rauchstreifen nach sich ziehend und nach allen Richtungen hin sich verbreitend. Während diese Steine nun in langen Sprüngen den Berghang hinabsetzen oder sanft auf weicher Asche abwärts gleiten, breitet sich der Gas- und Aschenballen unter wirbelnder Bewegung nach der Seite und nach oben hin zu einer einheitlichen riesigen Wolke von beträchtlichen Dimensionen aus, die von den Winden entführt wird und nun ihren Gehalt an Asche zu Boden fallen läßt.

So schön diese kleinen Eruptionen schon bei Tage sind, so werden sie durch die nächtlichen Ausbrüche doch noch weit an Wirkung übertroffen. Man kann sich kaum etwas Schöneres denken als diese gewaltigen glühenden Blöcke, die Steine und Aschen, welche urplötzlich durch die Lüfte fliegen und springend und gleitend noch lange ihren Glutschein durch die finstere Nacht hinaussenden. Oft sind sie noch immer rotglühend, wenn eine neue Eruption beginnt, und das ganze Schauspiel, verstärkt oder abgeschwächt, sich wiederholt. Immer freilich behalten diese Eruptionen mehr oder weniger nas Ansehen eines Feuerwerks, und man wird sich der Großartigkeit dud Gewalt der Eruptionen eigentlich erst bewußt, wenn man bis an den Fuß des Berges vordringt, die kanonenschußähnlichen Detonationen bei Beginn der Ausbrüche hört und die mächtigen Steine polternd und rauchend die Hänge niedersausen und erst in geringer Entfernung vom Beobachter zur Ruhe kommen sieht. Wenn man dieses Schauspiel einige Male aus der Nähe betrachtet hat und bemerkt, daß die Eruptionen eine etwas größere Heftigkeit zeigen, so zieht man sich doch nicht ungern wieder in etwas sicherere Entfernung zurück und begreift, daß dies Schauspiel doch nicht ganz so unschuldig ist, wie es in der Ferne schien.«

Die Vulkangebiete in Chile und Argentinien sind von Prof. R. Hauthal statistisch behandelt worden,[1]) wobei er sich vielfach auf eigens im Gebiete beider Länder gesammeltes Material stützte. Am Schlusse macht er auf 4 Punkte aufmerksam. Diese Punkte sind:

»1. Das Zurücktreten und plötzliche Fehlen von Vulkanbergen in der Kordillere des patagonischen Gebietes. Im nördlichen Teile dieses

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 97.

Gebietes sind bisher nur 6 Einzelvulkane sicher nachgewiesen; die drei im mittlern Teile gelegenen sind sehr zweifelhaft, und im südlichen Teile fehlen Vulkane in der Kordillere ganz. Es ist auch nicht sehr wahrscheinlich, daß hier noch Vulkane entdeckt werden — gerade dieses Gebiet ist in den letzten Jahren gut durchforscht worden, und diese Erforschung hat ergeben, daß früher für Vulkane gehaltene Berge nicht Vulkane sind, sondern Lakkolithe, so der Fitzroy und der Paine (51° s. Br. 73° w. L.), deren granitische Natur Verf. nachgewiesen hat.

2. Der Umstand, daß eigentliche Vulkanberge („trigonometrische Eruptionssignale") fast ausschließlich in der Kordillere sich finden, Ausnahmen bilden nur 4 Gruppen und die Vulkanberge im südöstlichen Teile des patagonischen Gebietes.

Dagegen sind die großen Deckenergüsse ausschließlich außerhalb der Kordillere im patagonischen Tafellande, das zum größten Teile aus nahezu horizontal lagernden Sedimenten besteht.

3. Die Vulkane in der Kordillere sind in Reihen angeordnet, die oft unter sich parallel, in ihrer Richtung den Hauptleitlinien der andinen Tektonik entsprechen.

4. Am dichtestgedrängten und am massigsten entwickelt sind die Vulkane da, wo die Gebirge aus parallel verlaufenden N—S streichenden Faltenzügen bestehen, wie in der Puna de Atacama zwischen 22—27° S. Br. Hier tritt auch die geradlinig reihenweise Anordnung der Vulkane mit fortschreitender Kenntnis immer klarer hervor. Hier ist überhaupt das klassische Land des Vulkanismus, wo die vulkanischen Erscheinungen in einer solchen Großartigkeit und Mannigfaltigkeit auftreten, daß ihr genaues Studium viel, sehr viel zur Lösung der vulkanischen Probleme beitragen wird.«

Diese 4 Punkte enthalten für den Verf. eine Bestätigung der Ansicht derjenigen Forscher wie Fuchs, Credner, Reyer, Bergeat, Felix, Lenk, Volz, Branco und anderer, welche das Auftreten von Vulkanen mit der Tektonik der betreffenden Gegend in Zusammenhang bringen. Er neigt sich der Ansicht zu, daß dieser Satz vielleicht noch in dem Sinne erweitert werden könne, daß auch die Verschiedenheit der Formen, in welchen uns die vulkanische Tätigkeit auf der Erdoberfläche entgegentritt, in gewissen ursächlichen Beziehungen stehe zu den speziellen Strukturverhältnissen, dem besondern geologischen Aufbaue einer Gegend; wenigstens scheinen die vulkanischen Erscheinungen in Argentinien nach den bisherigen Beobachtungen darauf hinzuweisen.

Über die Vulkane des nordwestlichen Patagoniens macht Dr. H. Steffens auf Grund eigener Forschungen bemerkenswerte Mitteilungen.[1]) Bei der Fahrt durch die breite Fjordstraße des Moraledakanals und den Corcovadogolf fesselten die in ziemlich regelmäßigen

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. p. 167.

Abständen von etwa $^1/_2$ Breitengrad aus der Masse der küstennahen Kordilleren hervorragenden Vulkanberge den Blick. »Unvollkommene Beobachtung hat die lange Reihe dieser Vulkanberge als auf eine nordsüdlich verlaufende Kordillerenkette aufgesetzte Gebilde angesehen; ja man hat sogar von einer »vulkanischen Kette« gesprochen, welche der sogenannten »zentralen Hauptkette« der patagonischen Kordillere nach Westen vorgelagert sein und dieselbe in gewissen Breiten an absoluter Höhe übertreffen soll. Diese Auffassung ist indessen durchaus unbegründet. Schon während der Fahrt längs der Küste und durch die größern Meereseinschnitte wird es deutlich, daß weitaus die meisten Vulkanberge in gar keinem orographischen Zusammenhange untereinander, dagegen in engster Beziehung zu den meist südöstlich und in auffallendem Parallelismus streichenden Kordillerenzügen stehen, welche die Fjordsenken und ihre Inlandfortsetzungen begleiten. Besonders schön ließ sich dies mit Bezug auf den Macá vom Aisenfjord aus beobachten. Von irgend welcher Verknüpfung des Berges mit dem nächsten Vulkane der Reihe, dem Mentolat, ist gar keine Rede; die an ihrer engsten Stelle noch 4 *km* breite und über 100 *m* tiefe Fjordstraße des Puyuguapikanals unterbricht hier nach Norden zu den Zusammenhang ebenso scharf wie der Aisenfjord nach Süden zu. Dagegen erkennt man deutlich einen hohen Strang, der den Macá in östlicher Richtung mit dem gletscherreichen Massive des Mte. Cay verbindet und in derselben Richtung in Form einer wenig gescharteten Kette, mit kurzen spornartigen Ausläufen zum Aisenfjord und untern Aisentale, fortstreicht. Eine ähnliche Beobachtung konnten wir in etwa 43° 20′ südl. Br. betreffs des Yanteles machen, der sich als ein stark gegliederter, mehrgipfeliger vulkanischer Kegelberg darstellt. Von seinem nächsten nördlichen Nachbarn, dem Corcovado, durch die tiefe und breite Depression des untern Rio Corcovadotales getrennt, und nach Süden zu durch die gleichfalls tief einschneidenden Senken von Tictoc, Pichi-Palena und Rio Rodriguez aus jedem Zusammenhange mit dem in 44° aufragenden Vulkanberge Melimoyu herausgelöst, erscheint derselbe als der nach dem Meere vorgeschobene Eckpfeiler einer scharf ausgeprägten, südöstlich streichenden Schneekette, welche die vorerwähnte Talsenke des Rio Corcovado nach Süden zu abgrenzt. Ganz analog ist der in 41° 45′ gelegene Vulkanberg Yate als nordwestlicher Eckpfeiler der langen, mauerartig geschlossenen Schneekette anzusehen, welche der nahezu das ganze Gebirge durchsetzenden Depression des Puelotales parallel, in südöstlicher Richtung verläuft, während der Gedanke an einen kettenartigen Zusammenhang mit den Nachbarvulkanen Calbuco, Osorno usw. schon durch den Einschnitt des Reloncavifjords, ohne andere weniger ausgeprägte Quersenken zu erwähnen, unmöglich gemacht wird.

So läßt sich in der Tat eine auffallende Regelmäßigkeit in der räumlichen Anordnung der westpatagonischen Vulkanberge feststellen,

aber nicht in dem Sinne einer meridionalen kettenartigen Aneinanderreihung, sondern in bezug auf ihr parasitenhaftes Auftreten am Westabbruche mächtiger, aus kristallinischen Massengesteinen und Schiefern bestehender Kordillerenzüge. Übrigens scheinen sich bei vielen großen Vulkanbergen des mittlern Chile, beim Villarica, Llaima, Antuco, Chillan u. a., ganz ähnliche Beziehungen zum Hauptgerüste der Kordilleren nachweisen zu lassen.«

Vulkanische Aschenfälle im Nordatlantischen Ozean. Der deutschen Seewarte sind Berichte mit Proben über 2 Aschenfälle zugegangen, die offenbar mit den Ausbrüchen auf Martinique in Zusammenhang stehen. Der erste derselben fand über 500 Seemeilen weit nordöstlich von dieser Insel statt; die vulkanische Asche ist also gegen den Passat, offenbar durch eine obere südwestliche Luftströmung fortgetragen worden: a) Das deutsche Schiff »Kaiser«, auf der Reise von Bremen nach New-Orleans begriffen, befand sich im Mai im Nordostpassat und hatte den Kurs auf Sombrero-Island gesetzt. Am 20. Mai, in 19° 0′ nördl. Br. und 54° 11′ westl. L., zeigte sich um Sonnenuntergang ein Dunstschleier am Himmel, der jene eigenartige Färbung der Luft hervorbrachte, die als Anzeichen eines nahenden Orkans gilt. Ein solcher war um diese Jahreszeit völlig ausgeschlossen, und Wind und Barometer zeigten auch keine Veränderungen. Der Wolkenschleier nahm schnell an Dichtigkeit zu und senkte sich anscheinend tiefer und tiefer, bis er als feiner, anhaltender Aschenregen auf das Schiff fiel, alles mit einer leichten Staubschicht, starrem Rauhfrost ähnlich, überziehend. Der Wind war während der ganzen Zeit OSO, Stärke 3. Gegen 4 Uhr nachts war die Erscheinung vorbei, die Luft zeigte wieder das gewöhnliche Aussehen des Passats. b) Die Deutsche Bark »Capella« befand sich am 9. Juli unterwegs von Port of Spain nach Bremen, auf 14° 20′ nördl. Br., 62° 45′ westl. L., etwa 100 Seemeilen westlich von Martinique, als bei Sonnenuntergang, bei mäßiger Brise aus ONO, im Nordosten und Norden die Luft ein drohendes Aussehen annahm, und Blitze sich zeigten. »Seit 8½ Uhr große grelle Flächenblitze, bald hoch oben, bald tiefer in den untern Wolken. Kleine Segel fest, 9 Uhr Bö von ½stündiger Dauer, Stärke 6. Seit Mitternacht Blitzen mäßiger. Um 1 Uhr beginnt Asche zu fallen; die Luft ist so sehr damit angefüllt, daß man nicht gegen den Wind sehen kann. Die Leute auf Deck sehen aus wie Müllerknechte, Takelung wie beschneit. Von 5 Uhr vormittags ab fällt keine Asche mehr; vormittags häufige leichte Regenschauer.« [1])

[1]) Ann. d. Hydrographie 1903. Nr. 21.

Inseln.

Die Insel Grimsey, nördlich von Island, schilderte Th. Thoroddsen.[1]) Die Insel ist vom nächsten Lande etwa 40 *km* entfernt, 5 *km* lang und 2 *km* breit. Die ganze östliche Seite besteht aus steilen, 50—100 *m* hohen Vogelbergen ohne irgend welche Einschnitte. die von der Westküste durch eine Einsenkung getrennt werden, in der sich mehrere kleine Seen befinden. An der nur etwa 10—20 *m* hohen Westküste liegen die 10 Höfe der Insel. Diese besteht aus älterm Basalt, der hier und da von Schlacken und Lavabreccie unterbrochen wird; doch liegt sie außerhalb des vulkanischen Gürtels und ist vielleicht der Rest eines gesunkenen Teiles des Basaltrückens des Nordlandes. Auch die etwa 75 *km* im NNW von Grimsey gelegene Insel Kolbeinsey (Möwenklippe) scheint aus Basalt zu bestehen; sie steigt steil vom Meeresgrunde auf und ist etwa 16 *m* hoch. Der Pflanzenwuchs von Grimsey ist sehr dürftig und ausgesprochen polar; von strauchartigen Pflanzen gedeiht nur die Polarweide, die $^1/_2$— 1 Zoll hoch wird. Unter den überaus zahlreichen Seevögeln verdient besonders der Königsalk (Mergulus alle) Erwähnung, der sonst nirgends auf Island brütet. Die Vogelberge bilden die wichtigste Einnahmequelle der Bewohner, die auch Tausende von Eiern nach Nordisland ausführen. Die Fischerei wird in offenen Booten betrieben. Die Einwohnerzahl schwankte im 19. Jahrhunderte zwischen 46 (1855) und 96 (1880). Das Klima ist verhältnismäßig mild. Der Jahresdurchschnitt ist nach 21 jährigen Beobachtungen + 1.5° der August ist der wärmste Monat mit einer Mitteltemperatur von 6.9°, der März der kälteste mit einer solchen von — 4°. Die höchste Wärme, die beobachtet wurde, ist 26.2°, die größte Kälte — 30°, aber das sind bloße Ausnahmen. Frost wurde beobachtet an 191, Niederschläge an 143, Schnee an 56 Tagen. Die Niederschläge betragen 374 *mm*. Das Meer um Grimsey hat im Januar durchschnittlich 0°, im Juli 6—7°. Bei Westwind ist in der Regel trockenes Wetter, während der Ostwind Regen und Feuchtigkeit bringt (an 53 Tagen Nebel). Örtliche Winde sind am häufigsten (NO 18 %, SO 16 %), Südwinde am seltensten (4 %).

Die geographische Stellung der Azorengruppe behandelt Prof. R. Sieger.[2]) Diese Gruppe gehört zu den ozeanischen Inseln, die durch ihre Lage keinem Kontinente zugehören und nur aus Zweckmäßigkeitsgründen in die herkömmliche Einteilung nach Erdteilen eingestellt zu werden pflegen. Sie ist (nach E. Réclus) von dem nächsten Punkte des europäischen Festlandes 1380 *km*, von der nächsten Stelle des afrikanischen Kontinentes 1550 *km*, von Neufund-

[1]) Geogr. Tidsskrift 1901/02 Nr. 7 und 8, daraus in Globus 83. p. 162.
[2]) Mitteilgn. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1903. p. 190.

land — der nächstliegenden Küsteninsel Amerikas — 1800 *km* entfernt. Somit liegt sie am nächsten an Europa und überdies in der geographischen Breite Südeuropas, verdient somit den ältern Namen der »westlichen Inseln«. Andererseits aber stellt die Madeiragruppe und die Canarien eine nähere Verbindung durch Inselgruppen mit der Küste Afrikas her, während zwischen Europa und den Azoren solche Zwischenstationen fehlen. Von den Festlandssockeln der beiden Erdteile werden die Azoren durch tiefe Meeresbecken getrennt, ebenso auch von Amerika. Der »Atlas des Atlantischen Ozeans« der Deutschen Seewarte (1902) zeigt, daß sie einer Bodenschwelle des Atlantischen Ozeans angehören, die sich etwa in der Mitte zwischen der alten und der neuen Welt hinzieht und von beiden Seiten durch Tiefsee begrenzt ist. Das »Azorenplateau« ist auch gegenüber den Bodenschwellen von Madeira und den Canarien durchaus selbständig. Dagegen liegt es auf der erwähnten Schwelle gemeinsam mit St. Helena und Ascension, die ebenfalls ozeanische Inseln sind, aber herkömmlicherweise zu Afrika gerechnet werden.

Die Zugehörigkeit der Gruppe zu dem einen oder dem andern Erdteile geht somit nicht aus ihrer Lage bestimmt hervor, ebensowenig aus ihrer Beschaffenheit. Der geologische Bau der Inseln zeigt keinen deutlichen Zuhammenhang mit Europa und dem in seinem Gebirgsbaue europäischen Nordafrika (Kleinafrika), aber auch nicht mit den Tafelländern des eigentlichen Afrika. Es finden sich nur jungvulkanische Bildungen und etwas marines Miocän, durch welches das Alter dieser vulkanischen Bildungen ebenfalls als mittel- oder jungtertiär bestimmt wird. Alle Schlüsse, die man aus der Beschaffenheit der atlantischen Küsten über die einstige Verteilung von Wasser und Land (sowohl für die Kreidezeit wie für den Anfang des Tertiär) gezogen hat, schweben daher, soweit die Azoren in Frage kommen, ganz in der Luft. Durch ihre vulkanische Beschaffenheit werden sie mit afrikanischen Küsteninseln und dem afrikanischen Kontinente enger verknüpft, und die Auffassung von Sueß, daß diese und die andern sichtbaren vulkanischen Inseln nur einen Teil einer ausgedehnten vulkanischen Region unter dem Meere bilden, die noch in der Nähe des Äquators vermutet werden kann, käme hier in Betracht.

In klimatischer Beziehung gehören die Azoren zum mittelländischen Klima, welchem sowohl Südeuropa als auch Kleinafrika zugehört, und haben ein feuchtes Seeklima infolge ihrer ozeanischen Lage, aber ein extremeres Klima als Madeira. Die Tier- und Pflanzenwelt ist fast ganz europäisch. Doch mag dies zum großen Teile späterer Einwanderung zuzuschreiben sein, da die Inseln es Pflanzen verschiedener Gebiete leicht ermöglicht haben, sich zu akklimatisieren, und da von der Fauna bekannt ist, daß sie vor der europäischen Besetzung sehr arm an größern Tieren war. Tropische Pflanzen, die sich finden, kommen zum Teile auch in Südeuropa vor; speziell

afrikanische Formen fehlen nicht, sind aber wenig zahlreich und treten vor einer ziemlich großen Zahl solcher Formen zurück, die den Azoren eigentümlich sind. Der Reichtum an Wiesen, eine Folge des ausgesprochenen Seeklimas, unterscheidet das Landschaftsbild scharf von demjenigen der afrikanischen Steppenvegetation, die schon auf den Canarien beginnt.

Die heutige landwirtschaftliche Produktion verknüpft die Inseln eng mit dem südlichen Europa. Neben der Viehzucht spielen Südfrüchte — früher besonders Orangen, jetzt namentlich Ananas — die erste Rolle, und man kann die Hauptprodukte der Insel auf die Einbürgerung durch Europäer zurückführen. In anthropogeographischer Beziehung zeigen die Azoren überhaupt engern Zusammenhang mit Europa als mit Afrika, vor allem durch die rein weiße (portugiesische) Bevölkerung, und das ist wohl auch der Grund, weshalb die Portugiesen sie politisch-administrativ zum Mutterlande selbst, also zu Europa rechnen. Das gleiche ist übrigens auch mit Madeira und seitens der Spanier mit den Canarien der Fall. Diese administrative Zuteilung veranlaßt manche Handbücher, die Azoren zu Europa zu rechnen.

Die Gilbertinseln bildeten den Gegenstand einer meteorologischen Studie von M. Prager, der eine Übersicht über die Geographie und Bevölkerung dieser Inselgruppe beigegeben ist.[1]) Hiernach besteht diese Gruppe aus sechzehn mehr oder weniger ausgedehnten Atollen, die zwischen 3° 20′ nördl. Br., 2° 40′ südl. Br. und 172° 40′ östl. Lg. bis 177° 10′ östl. Lg. zerstreut sind. »Die Hauptrichtungslinie der ganzen Gruppe verläuft in nordwestlicher Richtung, welche auch bei der Lagerung fast aller Atolle die vorherrschende ist. Die Bezeichnung »Gilbertinseln« für die ganze Gruppe gab Krusenstern mit dem Unterschiede, daß er näher zusammenliegenden Atollen eine besondere Benennung erteilte, und zwar »Scarboroughinseln« für Makin und Butaritari, »Simpsoninseln« für Maraki, Apaiang, Tarawa, Maiana, Apamama, Aranuki und Kuria; südlich vom Äquator »Kingsmillinseln« für Nanuti, Tapetuwea, Peru, Nukenan, Onoatoa, Tamana und Arrorai. Der Name Kingsmill für die ganze Gruppe ist der bekannteste geblieben und gilt in der Südsee, namentlich für die Amerikaner, noch immer als der allgemein anerkannte. Die erste Entdeckung der Gilbertinseln, namentlich der mit dem Namen »Kingsmill« bezeichneten Atolle, wird Kapt. Byron im Juni 1765 zugeschrieben; 1788 sahen die Kapitäne Marshall und Gilbert mit den Schiffen »Scarborough« und »Charlotte« einen Teil der nördlich vom Äquator gelegenen Atolle. 10 Jahre später, 1799, berichtete Kapt. Bishop, Führer des »Nautilus«, daß er noch weitere Atolle entdeckt habe. Erst 1824 untersuchte Kapt. Duperré mit der Korvette »Coquille« die bis dahin bekannten Atolle näher, fand aber auch nicht alle auf, was später erst der amerikanischen

[1]) Ann. d. Hydrographie 1903. p. 393.

Entdeckungsexpedition unter Kapt. Hudson und Leutnant Knox mit den Schiffen »Peacock« und »Flyingfish« vorbehalten blieb. Das regste Interesse der verschiedenen Entdecker, namentlich von Duperré und Hudson, wandte sich jedoch mehr den größern Atollen zu, während die kleinern, besonders die südlich vom Äquator zwischen 2—3° südl. Br. gelegenen Inseln und Atolle, noch lange unbekannt blieben; nähere Angaben über diese liegen erst aus den Jahren 1850—1870 vor, als Ergebnis aus den Beschreibungen von Walfischfängern, die in dieser Gegend dem Fange des Spermwals bis zu dessen Verschwinden oblagen.

Auf eine vieltausendjährige Arbeit der winzigen Korallenpolypen ist der Aufbau aller Atolle zurückzuführen, die erst zum Abschlusse gelangt, wenn die gewaltigen Bauten zwischen Wind und Wasser hochgeführt sind. Die steilansteigenden Riffe liegen bei allen Atollen fast immer an der Wind- oder Wetterseite, während an der Lee- oder geschützten Seite, auf flacherm Meeresgrunde aufgebaut, sich ausgedehnte Korallenfelder befinden. Der unausgesetzte und zu Zeiten gewaltige Anprall der Merreswogen gegen ein hochgeführtes Korallenriff bedingt ein fortwährendes Abbröckeln kleiner und kleinster Korallenteilchen, deren Anhäufung schließlich zu einer Erhöhung über dem Meeresspiegel führt. Auch der Wind ist ein Mitarbeiter an dem Aufbaue einer solchen Inselwelt, indem er die zu Atomen zerstäubten Kalkteilchen hinwegführt und an den höchstgelegenen Punkten ablagert, selbst über weite Lagunen trägt, wo der feine Korallenstaub Erhöhungen auf über Wasser ragenden Riffen fest verbindet. Alle fast immer langgestreckten, dabei schmalen inselartigen Bodenerhöhungen finden sich denn auch an der Seite vor, wo Wind und Meereswogen die kalkartigen Gebilde der Korallenpolypen am ehesten anhäufen können.

Was die Bevölkerung der Gilbertinseln anbelangt, die noch auf einer niedrigen Kulturstufe steht, so ist es auffällig, daß im Gegensatze zu andern Gruppen, z. B. zu den Marshall- und zum Teile zu den Karolineninseln, hier eine große Menschenmasse auf verhältnismäßig engem Raume lebt. Erklärlich wird dies dadurch, daß die Bewohner der Gilbertinseln nicht durch die von den Weißen eingeführte Syphilis dem Untergange geweiht wurden. Kennt man den kriegerischen Sinn dieser Insulaner, so wird es verständlich, wie sie durch ihr feindliches Verhalten und durch ihre große Zahl namentlich die Walfischfänger, die so vielen andern Insulanern verhängnisvoll geworden sind, von ihren Gestaden ferngehalten haben. Aus diesem Grunde lernten sie den Weißen und seine Leidenschaften nicht so genau kennen, wie z. B. die Marshallinsulaner, die Bewohner der Insel Kusai u. a., die viel friedfertigern Sinnes gewesen sind und dadurch zu Schaden kamen. Glühende Rachsucht gegen den weißen Mann erfüllte deshalb auch nicht die Herzen der Bewohner der Gilbertinseln, was zur Rettung vieler Schiffbrüchiger wesentlich beitrug, die das Unglück

hatten, durch Verlust ihrer Schiffe den Händen der Eingeborenen wehrlos überantwortet zu werden. Wenn dennoch einzelne Schiffsbesatzungen gelegentlich vernichtet wurden, lag die Ursache in dem törichten Verhalten einzelner Mitglieder. Überall in der weiten Gruppe drängt sich dem Beobachter die Frage auf, wie es möglich ist, daß auf den mit sehr spärlichem Humus bedeckten Koralleninseln eine so überaus zahlreiche Menschenmenge ausreichend sich ernährt. Die Beantwortung dürfte damit zu geben sein, daß die Not die beste Lehrmeisterin gewesen ist; sie hat die Eingeborenen nicht nur zu äußerst geschickten Fischern, sondern auch in gewissem Sinne zu Ackerbauern gemacht, denn das Wachstum jeder Nährpflanze auf diesen Inseln, als Taro, Pandanus Kokospalmen usw., ist von der Sorgfalt abhängig, mit welcher die Frucht in den steinigen Korallenboden gebettet wird. Als Ersatz für die mangelnde Humuserde dienen zerkleinerte Wurzeln und Blätter, untermischt mit Erde, die oft weither mühsam herangeschafft wird.

Über die Marianen macht H. Seidelberg einige Bemerkungen.[1]) Diese Inseln liegen auf einer Spalte, die vom japanischen Boninarchipel in nordsüdlicher Richtung bis Yap und Palau deutlich zu verfolgen ist. Trotz ihres gemeinsamen Ursprunges zerfallen sie äußerlich in zwei scharfgetrennte Gruppen. Zur erstern, die man wegen ihrer Lage die südliche nennt, gehören Guam, Rota, Agiguan, Tinian, Saipan und Medinilla. Sie haben sämtlich nur mäßige Erhebungen und sind durchweg mit Madreporenkalk überkleidet, der vereinzelt von vulkanischen Kuppen durchbrochen wird und an den Außenflanken steil abgesetzte Terrassen bildet. Im Gegensatze zu ihnen besteht die nördliche Gruppe, die mit dem 16. Breitenkreise beginnt, rein aus vulkanischen Gesteinen. Ihre Gipfel steigen kegelförmig bis zu 500 und 800 *m* auf, sind mit Laven, Aschen und Schlacken bedeckt, und ihre Kratere befinden sich meistens in lebhafter Tätigkeit. Die Gruppe hat daher am häufigsten von Erdbeben zu leiden, obschon diese, wie die jüngsten Ereignisse lehren, auch auf den südlichen Inseln in verheerender Weise auftreten können.

An Flächenraum messen die Marianen 1140 *qkm*, wovon 200 *qkm* auf die nördliche und 940 *qkm* auf die südliche Reihe entfallen. Nun hat Guam allein 514 *qkm*, so daß für den deutschen Besitz insgesamt nur 626 *qkm* mit etwa 2200 Bewohnern übrig bleiben. Der Sitz unserer Verwaltung befindet sich in Saipan. Dieses ist etwas über 22 *km* lang, 11 *km* breit bei 60 *km* Umfang und einer Bodenfläche von 185 *qkm*. Das Gelände ist schwach gehügelt mit kaum 150 *m* Erhebung. Nur am Nordende ragt der abgestumpfte, erloschene Vulkankegel Tapochao bis 400 *m* empor. Die Westseite ist namentlich zum Strande hin flach und sandig und eignet sich deshalb sehr

[1]) Deutsche Kolonialzeitung 1908. Januar 1.

gut zur Anpflanzung von Kokospalmen. Im Süden herrscht Weideland vor, während der Norden ausgedehnte Waldbestände trägt, die auf gutem, fruchtbarem Erdreiche wurzeln.

Die Bevölkerung setzt sich überwiegend aus Nachkommen (allerdings nicht reinblütigen) der alten Chamorro und aus eingeführten Karoliniern zusammen. Von den erstern zählt man etwa 700, von den letztern 500 Seelen. Eine Vermischung beider Elemente findet anscheinend nicht statt, wäre aber im Interesse der zwar geistig regsamen, aber körperlich minderwertigen Chamorro dringend zu wünschen. Die Sprache dieser Leute, ein mit dem Malayischen verwandtes Idiom, wird allgemein verstanden und angewandt. Sie ist daher auf Anordnung der Deutschen dem Volksschulunterrichte zugrunde gelegt.

Saipan hat nur zwei größere Siedelungen, nämlich Tanápag und Gárpan. Der Hafen ist in Tanápag. Er wird durch ein Riff und eine vorgelagerte kleine Insel gebildet, ist geräumig und ohne Untiefen und hat ausreichenden Schutz gegen die vorherrschenden Ostwinde.

Die Insel Ponapé der Karolinengruppe schildert Kapitän M. Prager.[1]) Sie ist wohl die größte Insel dieser Gruppe. Etwa zwölf kleine Inseln liegen an der Nord- und Ostseite verteilt; gänzlich von der Hauptinsel abgesondert und voneinander noch durch tiefe Riffpassagen getrennt. Dazu das gewaltige Riff, das gleich einem Schutzwalle meerwärts diese Inseln, sowie auch die ganze Hauptinsel gleich einem Kranze umschließt, auf dem wiederum wohl an zwanzig kleine Inseln verteilt liegen, deren langgestreckte, verhältnismäßig schmale Formation von Busch besetzt und von hohen, zahlreichen Bäumen gekrönt wird, so daß von der See aus gesehen die Ufer der Hauptinsel vielfach verdeckt bleiben.

Die Höhe dieser Koralleninseln, die namentlich von der Ostseite nach Süden herum verteilt sind, ist nicht sehr verschieden, was besonders bei der höchsten Flut bemerkbar wird; denn dann erheben sie sich nur einige Fuß über die Wasserfläche, und die am Korallenriffe brechenden Wogen des Ozeans bespülen die äußersten Sträucher und Stämme der schlanken Kokospalmen..

Gleich allen niedrigen Koralleninseln ragt auch das Ponapé umgebende Riff steil aus großer Tiefe auf; 400—500 *m* von diesem entfernt findet das Lot selten noch Grund; höchstens strecken sich einzelne Spitzen etwas weiter hinaus, doch so steil, daß nirgendwo Raum für ein darauf Ankergrund suchendes Schiff vorhanden ist. Innerhalb dieses Riffkranzes aber, der im Durchschnitte eine halbe deutsche Meile von der Insel entfernt sich erhebt und sozusagen überall, wo eine Durchfahrt im Riffe gefunden wird, zu Ankergrund und gesicherten Häfen führt, erheben sich von tiefem Grunde herauf,

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie 1903. 25. p. 503.

oft von 80—100 *m*, ungezählte große und kleine Korallenblöcke, zwischen denen hindurch gewundene, tiefe Fahrstraßen führen.

Die ganze Insel ist ein gewaltiger, zerklüfteter Steinbau aus Basaltgebilden; die einzelnen Höhenzüge fallen sehr steil, oft senkrecht ab, was auch die Ursache ist, daß heute noch das Innere von keinem Europäer und auch von keinem Eingeborenen ganz durchforscht worden ist.

Der höchste Berg ist der Monte Santo, 892 *m* hoch, fast in der Mitte der Insel gelegen, dem sich weniger hohe, jedoch immer noch beträchtliche Bergmassen angliedern. Eine zusammenhängende Bergkette erstreckt sich von dem Uu- bis zum Wannadistrikte und von dort westwärts nach Paleka im Jokoitsdistrikte im Norden der Insel. Die Bekränzung dieser Bergkette besteht aus stufenartigen Abhängen, die teils zum Meere abfallen, teils zu weiten, von steilen Bergwänden eingefaßten, gewundenen Tälern führen. Der östliche Teil dieses in einer Kurve auslaufenden Höhenzuges, der etwas schmäler erscheint als die übrige Bergmasse, ist beinahe ebenso steil, wie der in der Richtung Nord-Süd verlaufende; namentlich im Uudistrikte ragen vereinzelte Bergkegel gleich nahezu senkrechten Pyramiden auf.

Überhaupt ist das ganze Berggefüge eine zerklüftete, viel durchbrochene Gesteinmasse, besät mit Trümmern und säulenartigen Steingebilden. Entkleidet der überreichen Vegetation und des fruchtbaren Erdbodens, müßten diese Bergmassen wie ein über- und durcheinander geworfenes Lavafeld dem Auge erscheinen, was es in der Tat auch einst gewesen ist.

Zwischen dem Haupthöhenzuge und den vorgelagerten Nebenhügeln befinden sich zwei breite, über eine Meile weite und $1^1/_2$ bis 2 Meilen lange Täler, zugängig von der Nordostseite, dem Metalanimhafen. Neben diesen aber sind noch eine ganze Anzahl kleinerer Einsenkungen, zwischen hohen, steilen Bergkuppen gelagert, vorhanden, von denen aus man den gewaltigen Aufbau dieser Felsmassen beurteilen und auch die Kraft fließender Wasser im Gesteine verfolgen kann, die sich hundertfältig oft in Kaskaden von den höchsten Bergspitzen herabstürzen. Naturgemäß müssen diese Wassermassen, die bei jedem starken Regenfalle gleich einer Hochflut anschwellen, einem Sammelbecken zufließen; das Geeignetste dazu ist das Metalanimtal, durch welches denn auch ein kurzer, aber oft reißender Fluß seine Wasser dem Meere zuwälzt. Auch durch das nach Norden sich öffnende Nuttal fließen die von den Höhen sich stürzenden Wasser ab; überhaupt, was Ponapé an nennenswerten Flüssen aufzuweisen hat, findet, mit Ausnahme eines nach Süden abfließenden Gewässers, den Ausweg zum Meere nach der Ostseite hin.

Eine ganz besondere Eigenschaft besitzen jedoch die kurzen, zuzeiten reißenden Flüsse und Bäche, nämlich die, daß die ungezählten Quellen, gespeist durch häufige Regenfälle, eine große Masse des auf

den Bergen lagernden Humus fortreißen und dem in der Tiefe zum Strome anwachsenden Flusse zuführen, der infolgedessen schwarze Humuserde und roten Laterit an seiner Mündung ablagert. Diese Ablagerungen erscheinen wie ein ausgedehntes flaches, mit Mangrovengebüsch und Wald bestandenes Vorland, durch das der Fluß sich eine nur schmale und meistens flache Rinne offen hält, und es bedarf meistens kleiner Kanus, um zu der eigentlichen Mündung des Flusses und bis zu den Bergen zu gelangen.

Zwei Jahreszeiten, eine Trocken- und eine Regenperiode, sind auch für Ponapé zu unterscheiden, und zwar gilt für erstere die Zeit von Dezember bis Ende Mai, sie richtet sich nach dem Einsetzen des Passatwindes. Die Regenzeit umfaßt die Monate Juni bis Ende November, in welcher häufiger westliche Winde auftreten. Eine strenge Unterscheidung dieser Perioden ist jedoch selten zutreffend; denn nicht nur setzt der Passatwind oftmals schon im November ein, sondern er erstreckt sich manchmal bis zum Juli hinaus, bleibt sogar unter Umständen der vorherrschende Wind während eines ganzen Jahres. Man kann also sagen, daß die Regenperiode unter Umständen eine nur kurze Dauer hat, mithin starke westliche Winde zu dieser Zeit nur seltener auftreten. Der Durchschnitt dreier Jahre ergibt, daß 110 klare, 149 Tage, an welchen Regenschauer fielen, 43 Regentage und 62 veränderliche zu verzeichnen gewesen. Während 3 Jahren wurde nur an 28 Tagen der Donner gehört und Blitzen nur achtmal gesehen.

Die Temperatur zeigt sehr geringe Änderungen, der Unterschied zwischen Morgen und Abend beträgt selten mehr als 5°, eine Tagestemperatur von + 26 bis 27° dürfte das richtige Maß der Luftwärme sein. Starke, selbst stürmische Winde treten nur in der Regenzeit auf, sind jedoch von kurzer Dauer; dagegen kann häufig dem Passatwinde die Bezeichnung »sehr stark« beigelegt werden, namentlich wenn er eingesetzt hat und für die Dauer der Wintermonate recht frisch weht. Obgleich Ponapé nur eine kleine Landmasse darstellt, kann man doch die Beobachtung machen, daß während des größten Teiles des Jahres nachts ein Landwind sich erhebt, dessen Einfluß bis auf eine deutsche Meile Entfernung von der Insel wahrgenommen werden kann. Das Aufsteigen der warmen Luft vom Lande hat denn auch zur Folge, daß während längerer oder kürzerer Dauer die Nächte auf der Insel fast windstill sind, eine merkbare Abkühlung der Tagestemperatur mithin nicht möglich wird. Orkane, Zyklone, überhaupt Wirbelstürme, treten fast nie auf.

Die Insel Nauru der Marshallgruppe schilderte Fr. Hernsheim in der Geographischen Gesellschaft zu Hamburg.[1]) Als im Jahre 1885 eine Abgrenzung der deutschen und englischen Interessen-

[1]) Referat i. d. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903. p. 465, woraus ob der Text.

sphären in der Südsee vereinbart und durch die neubestimmte Demarkationslinie Nauru oder Pleasant-Island den deutschen Marshallinseln angegliedert wurde, war das Eiland eine der berüchtigtsten Inseln der Südsee. Die Bewohner, etwa 1500 Köpfe, lebten in steter Fehde, und die unter ihnen niedergelassenen weißen Händler waren meist von Walfischfängern entlaufene Matrosen oder gar entsprungene Sträflinge, welche auf mysteriöse Weise ihren Weg von Australien nach dieser entlegenen Insel gefunden hatten. In guten Jahren, d. h. wenn reichliche Regen gefallen waren, lieferten die Kokospalmen, welche das steinige Innere der Insel in einem breiten Gürtel umsäumen, etwa 150—200 Tonnen Kopra. Diese, von den Händlern im Tauschhandel erworben, wurden an die Schiffe verkauft, welche die Insel berührten. Freilich einen Hafen oder auch nur eine offene Rheede, auf welcher geankert werden könnte, besitzt Nauru nicht; die Schiffe müssen daher unter Segel bleiben und kreuzen, oft eine schwierige Aufgabe bei dem hier laufenden Strome von 3—4 Meilen in der Stunde und den nur leichten Brisen, die häufig ganz wegsterben. Die Tauschartikel dieses beschwerlichen Handels bildeten außer etwas Proviant, Eisenwaren und Tabak fast lediglich Waffen und Schnaps. Die Einfuhr der letzten beiden Artikel wurde mit Hissung der deutschen Flagge auf den Marshallinseln verboten, mußte also auch auf Nauru verhindert werden.

Was die Bodenkonfiguration Naurus betrifft, so haben wissenschaftliche Untersuchungen ein sehr interessantes Ergebnis gezeitigt. Mit Ausnahme des niedrigen, mit Kokospalmen bewachsenen Küstenstriches besteht das ganze steinige Innere der Insel aus einer Anhäufung hochgradiger Phosphate. Nach Ansicht eines dort hingesandten Mineningenieurs ist dieses Phosphat ursprünglich zweifellos von Vögeln hierher gebracht worden, welche die damals wohl unbewohnte Insel als Brutplatz benutzt haben werden, wie wir es heute noch in allerdings kleinerm Maßstabe auf andern Inseln der Südsee beobachten können. Das in dem Guano enthaltene lösliche Phosphat sickerte mit dem Regen auf den Korallenuntergrund, sättigte sich hier mit dem erforderlichen Kalke und bildete so das hier heute anstehende Phosphatgestein. Die zahlreichen, über die ganze Insel vorgenommenen Bohrungen haben bis zu einer Tiefe von 3—5 *m* überall das gleiche Material ergeben, und die dadurch nachgewiesenen Vorräte sind so gewaltig, daß ihr Abbau für mehrere Generationen ausreichen wird.

Was nun die Ausnutzung dieser Funde betrifft, so besaß eine englische Gesellschaft das Privileg bezüglich Ozean-Islands, während die Ausbeute etwaiger Funde auf den Marshallinseln eines der Privilegien bildet, welche seinerzeit der Jaluit-Gesellschaft verliehen worden sind. Wirtschaftliche Erwägungen und der Umstand, daß gewaltige Einrichtungen geschaffen werden müssen, um über Riff und Brandung hinweg Massenverladungen zu bewerkstelligen, haben nun

vor Jahresfrist zu einer Vereinigung der deutscben und englischen Interessen geführt, und beide Inseln werden nunmehr gemeinsam ausgebeutet. Diese Ausbeutung der Pbosphatlager gefährdet die auf den Inseln vorhandenen Kokosbestände in keiner Weise, und die Eingeborenen beteiligen sich willig an den Arbeiten, welche ihnen einen guten Lohn eintragen.

Dammriffe und Atolle. Alex. Agassiz hat auf Grund der während eines Zeitraumes von 25 Jahren in Westindien, Australien, in dem tropiscben Pacific und dem Indischen Ozeane angestellten Beobacbtungen Folgerungen über die Bildungsweise der Korallenriffe abgeleitet, die von großer Bedeutung sind.[1]) Nach seiner Ansicht ist die Darwinscbe Theorie der Entstebung der Koralleninseln nicbt zutreffend. Agassiz gibt zunäcbst eine Bescbreibung der verscbiedenen Typen der Koralleninseln. Er beginnt mit den Dammriffen und bemerkt, daß diejenigen von Fiji, den Hawaiischen Inseln und Westindiens gewöhnlich vulkaniscbe Inseln flankieren und von vulkanischen Gesteinen unterlagert sind. Die Dammriffe von Neukaledonien, Australien, Florida, Honduras und den Babamas sind unterlagert von den Ausläufern der benacbbarten Landmassen, welcbe als Inseln und Inselchen an dem äußersten Rande der Wallriffe enden. Einige der Dammriffe der Gesellschaftsinseln, von Fiji und der Karolinen lassen erkennen, daß die breiten und tiefen Lagunen, welche sie von der Landmasse trennen, durch Erosion aus einem breiten, flachen Saumriffe gebildet worden sind. Ringriffe, wie sie besonders die Sozietätsinseln charakterisieren, behalten zu ihren zentralen Inseln dieselbe Beziehung wie ein Dammriff zur angrenzenden Landmasse. Abnagung und submarine Erosion erklären vollkommen die Bildung der Plattformen, auf denen Korallenriffe und andere Kalksteinorganismen entweder Wall- oder Ringriffe bauen können, oder selbst Atolle, die sich auf einer vulkanischen Basis erheben, deren Zentralmasse verschwunden sein kann, wie in Fiji, den Sozietäts- und Karolineninseln.

Agassiz betracbtet dann den Typus der gehobenen Inseln, den der Paumotus, der Fiji, der Gilbertinseln und der Ladronen, von denen viele nur aus tertiären Kalksteinen zusammengesetzt sind, andere zum Teile aus Kalkstein bestehen, zum Teile vulkaniscben Ursprunges sind. Man kann hiernach die Umwandlungen von einer gehobenen Insel, wie Niue oder Makatea der Paumotus, zu einer Insel wie Niau verfolgen, durcb ein Stadium gleich Rangiroa zu dem der großen Mehrzahl der Atolle in den Paumotus. Die Riffebenen und Außenriffe, welcbe die gehobenen Inseln flankieren, bebalten eigentümliche Beziehungen zu ihnen; sie sind teils die von Dammriffen und teils von Saumriffen. Man kann auch den Übergang der gehobenen

[1]) Proceedings Royal Society 1903. 71. p. 412.

Plateaus, wie Tonga, Guam und Inseln in Fiji, die teils vulkanisch, teils aus Kalkstein sind, in Atolle verfolgen, in denen nur ein kleines Inselchen oder eine größere Insel entweder aus Kalkstein oder vulkanischem Gesteine übrig geblieben ist, um ihren Ursprung anzudeuten. Atolle können auch auf dem entblößten Rande eines vulkanischen Kraters entstanden sein, so in Totoya oder Thombia in Fiji, sowie in einigen Vulkanen im Osten von Tonga. In der Ellice- und Marshallgruppe und den Line-Islands ist eine Anzahl von Atollen vorhanden, deren Liegendes nicht bekannt ist, und wo man nur die Bildung des Landsaumes des Atolles verfolgen kann, soweit sie von der Wirkung der Passate oder der Monsune bedingt ist, die beständig das durch bohrende Organismen aufbereitete oberflächliche Material forttreibt, welches dann den Damm bildet. Viele Atolle im Pacific sind nur flache Rinnen, die durch die hohen Sandbänke gebildet werden, welche um ein zentrales Gebiet aufgeworfen wurden.

Im ganzen Pacific, im Indischen Ozeane und Westindien findet man den positiven Beweis einer mäßigen rezenten Hebung der Korallenriffe, in den Buckeln, Zacken und unterminierten Massen von modernem oder tertiärem Kalksteine, die als Zeugen dessen zurückgeblieben sind. Die Existenz von marinen Gipfeln aus Kalkstein in den Lagunen der Atolle als Untiefen, Inseln oder Inselchen, zeigt den Umfang der lösenden Wirkung des Meeres auf die Landgebiete, die früher eine größere Ausdehnung hatten als gegenwärtig. Zeichen dieser Wirkung können überall zwischen den Korallenriffen erkannt werden. Atmosphärische Denudation spielt eine bedeutende Rolle bei der Verkleinerung der zu dem Niveau des Meeres gehobenen Kalksteininseln, indem sie dieselben mit Höhlen durchsetzte und ausgedehnte Senken bildete, die oft für gehobene Lagunen gehalten wurden.

Daß abgeschlossene Atolle existieren, kann man kaum behaupten; Niau in den Paumotus nähert sich solchen am meisten, aber seine seichte Lagune wird durch seinen porösen Saum vom Meere gespeist. Meerwasser kann auch bei Ebbe frei in eine Lagune über ausgedehnte, seichte Riffebenen eindringen, wo für ein Boot kein Durchgang ist. Die Landfläche eines Atolls ist verhältnismäßig klein, verglichen mit der der halbuntergetauchten Riffebenen. Dies ist besonders der Fall bei den Marshallinseln und den Malediven, in denen die Landflächen auf ein Minimum reduziert sind.

Das Maledivenplateau mit Tausenden von kleinen Atollen, Ringen oder Lagunenriffen, die aus einer zwischen 20 und 30 Faden wechselnden Tiefe aufsteigen, ist ein überwältigender Beweis dafür, daß Atolle von einem Plateau in passender Tiefe aufsteigen können, wie immer dasselbe gebildet, und was auch seine geologische Struktur sein mag. Auf dem Yukatanplateau bestehen ähnliche Verhältnisse bezüglich der Bildung von Atollen, nur in höchst beschränktem Maßstabe.

Die großen Regionen der Korallenriffe liegen innerhalb der Grenzen der Passate und Monsune und sind Erhebungsgebiete mit Ausnahme

der Ellice- und Marshallinseln und einiger der Line-Islands. Den Umfang der Erhebung zeigen die Terrassen der gehobenen Inseln unter den Paumotus, Fiji, Tonga, Ladronen, Gilbert und westindischen, oder die Reihen der Klippenhöhlungen, welche die Niveaus der Meereserosion andeuten.

In den Regionen, die Agassiz untersucht hat, ist das moderne Riffgestein von sehr mäßiger Dicke innerhalb der Tiefengrenzen, in denen die Riffbauer zu wachsen beginnen, und innerhalb welcher die Landsäume der Atolle oder der Dammriffe von mechanischen Einflüssen erreicht werden. Dies beeinflußt nicht die Existenz von solitären Tiefseekorallen oder ausgedehnter Felder von Oculina oder Lophohelia in großen Tiefen oder beeinträchtigt in irgend einer Weise die Bildung von dicken Schichten korallenführenden Kalksteines in den Perioden des Sinkens.

Die Marquesas, Galapagos und einige der Gesellschafts- und westindischen Inseln haben keine Korallen, obwohl sie innerhalb der Grenzen der Korallengebiete liegen. Ihr Fehlen rührt von der Steilheit ihrer Küsten her und von dem Fehlen oder der krümelnden Beschaffenheit ihrer submarinen Plattformen. Korallenriffe können ferner nicht wachsen weit von den steilen Klippenflächen der gehobenen, korallenführenden Kalksteininseln.

Die Korallen erlangen ihre vollste Entwicklung an den dem Meere zugekehrten Seiten der Riffe; sie wachsen spärlich in den Lagunen, wo gleichwohl Korallenalgen sehr üppig gedeihen. Nulliporen und Korallinen bilden einen wichtigen Teil des riffbauenden Materiales.[1])

Das Meer.

Eine Terminologie der wichtigsten unterseeischen Bodenformen ist im Auftrage der internationalen Kommission für unterseeische Nomenklatur von Prof. Supan deutsch ausgearbeitet worden. Dr. H. R. Mill in London hat dazu die englischen und Prof. J. Thoulet in Nancy die französischen Termina geliefert.[2]) Nachstehend ist diese Terminologie wiedergegeben.

I. Großformen, d. h. Formen von weiter Erstreckung und daher Bestandteile der Hauptgliederung:

1. Von dem Kontinentalrande gewinnt nur der Schelf (engl. Shelf, franz. Socle oder Plateau continental) selbständige Bedeutung. Er ist jener Teil des Kontinentalrandes, der sich von der Grenze der dauernden Meeresbedeckung ganz allmählich in der Regel bis 100 Faden oder 200 *m* Tiefe senkt und dann plötzlich in einen steilern Abfall übergeht. Beispiele: der britische, der Sunda-, der Neufundlandschelf.

2. Die allseitig von Erhebungen eingeschlossenen Vertiefungen sind:
a) Becken (engl. Basin, franz. Bassin) von annähernd rundlicher Gestalt, in denen also beide Horizontaldimensionen nahezu gleich sind.

[1]) Naturwissensch. Rundschau 1903. Nr. 31.
[2]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 151.

b) Mulden (engl. Trough, franz. Vallée) oder langgestreckte, breite Vertiefungen mit sanft ansteigenden Rändern. Durch Quererhebungen können die Mulden in Becken zerfallen, wie z. B. die beiden atlantischen.

c) Gräben (engl. Trench, franz. Ravin), auch langgestreckte, aber verhältnismäßig schmale Vertiefungen mit steilen Rändern, von denen der eine (der kontinentale) höher liegt als der andere (der ozeanische). Sie sind die Abschlüsse einseitig gebauter Becken und liegen an Kontinentalrändern oder Inselreihen; nur der Caymangraben schiebt sich zwischen Inseln ein, aber auch hier sind die Ränder ungleich hoch. Eigentlich ist der Graben nur eine Sekundärform der großen Vertiefungen des ozeanischen Flachgrundes, aber wegen seiner bedeutenden Längserstreckung, seiner Tiefe und seiner genetischen Wichtigkeit entschieden den Großformen zuzurechnen.

Die Ausläufer der Mulden und Becken, die mit gleichbleibender oder allmählich abnehmender Tiefe in die Festlandmassen oder in unterseeische Erhebungen eindringen, oder einerseits von Land, anderseits von unterseeischen Erhebungen begrenzt werden, sind

a) entweder breit, von rundlicher oder dreieckförmiger Gestalt und heißen dann Buchten (engl. Embayment, franz. Golfe; z. B. die ostaustralische Bucht), oder

b) langgestreckt und heißen dann Rinnen (engl. Gully, franz. Chenal; z. B. die Färöer- und die norwegische Rinne).

3. Die Erhebungen sind entweder allseitig von Vertiefungen eingeschlossen oder gehen von dem Kontinentalrande aus.

a) Alle Erhebungen, die ganz allmählich unter Böschungswinkeln von einigen Bogenminuten ansteigen, heißen Schwellen (engl. Rise, franz. Seuil), gleichgültig, ob sie langgestreckt oder breit sind, und wie ihre vertikale Entwicklung ist. Sie spielen wegen ihrer Flachheit anscheinend nur eine untergeordnete Rolle, sind aber doch die Träger der Hauptgliederung des ozeanischen Bodens, was man daraus erkennt, daß sie, wenn der Meeresboden in Land verwandelt würde, als Hauptwasserscheiden funktionieren würden.

b) Langgestreckte Erhebungen, die sich durch ihre steilern Böschungen kräftiger markieren, heißen Rücken (engl. Ridge, franz. Crête). Sie sind daher schmäler als die langgestreckten Schwellen; der Unterschied ist besonders dort deutlich, wo eine Schwelle streckenweise die Gestalt eines Rückens annimmt, wie z. B. der atlantische Äquatorialrücken. Im übrigen gehören der Kategorie der Rücken sowohl Groß- wie Kleinformen an.

c) Plateaus (engl. Plateau, franz. Plateau) sind steilere Erhebungen von größerer Ausdehnung, in denen die Längs- und die Breitendimension nicht erheblich voneinander abweichen. Sie können sich sowohl aus den Vertiefungen des Meeresbodens erheben, wie über den Schwellen (z. B. das Azoren-Plauteau).

4. Die tiefsten Stellen der Vertiefungen heißen Tief (engl. Deep, franz. Fosse; z. B. Nerotief), die höchsten der Schwellen, Rücken und Plateaus, soweit sie nicht dem Sockel von Inseln angehören oder als selbständige Kleinformen betrachtet werden können, Höh (engl. Height, franz. Haut; z. B. Valdiviahöh des Walfischrückens).

II. Kleinformen von geringer Ausdehnung, aber sich stets durch steilere Böschung von der Umgebung deutlich abhebend:

1. Erhebungen:

a) Erhebungen von langgestreckter Form und meist mit unruhiger Oberfläche, die sich im raschen Wechsel der Tiefe kundgibt: Rücken.

b) Einzelerhebungen oder unterseeische Berge, und zwar:

α) Kuppen (engl. Dome, franz. Dôme), von kleiner Grundfläche, aber mit steilen Böschungen in Tiefen von mehr als 200 *m* (z. B. Faradaykuppe).

β) Bänke (engl. Bank, franz. Banc), die sich bis zu Tiefen von weniger als 200, aber mehr als 11 *m* erheben (z. B. Porcupinebank westlich von Irland oder Princesse-Alice-Bank südlich von Fayal).

γ) Riffe oder Gründe (engl. Reef oder Shoal, franz. Récif oder Haut fond), die sich wenigstens bis zu 11 *m* dem Meeresspiegel nähern und dadurch der Schiffahrt gefährlich werden (z. B. Paracelsriffe, Adlergrund).

2. Vertiefungen:

a) Kessel (engl. Caldron, franz. Caldeira), sind mehr oder weniger steile Einstürze von verhältnismäßig geringer Ausdehnung, wie der Monacokessel auf dem Azorenplateau.

b) Furchen (engl. Furrow, franz. Sillon) sind tal- oder kanalartige Einschnitte in den Kontinentalrand und mehr oder weniger senkrecht zu diesem gestellt (z. B. Indusfurche, Gangesfurche usw.).

Die Beobachtung der Meereswellen. Was wir zur Zeit über die Wellenbewegung großer Wassermassen wissen, beruht meist auf theoretischen Untersuchungen, während die Beobachtungen besonders auf dem Meere noch sehr unvollkommen und lückenhaft sind. Der Grund hiervon liegt in den ungünstigen Verhältnissen, unter denen von dem bewegten Schiffe aus die Meereswellen beobachtet werden, und in dem Umstande, daß es sich dabei immer nur um Schätzungen handelt, da ein Instrument für genaue Wellenbeobachtungen fehlt. Jetzt hat nun Geh. Admiralitätsrat Rottok ein Verfahren zur genauen Messung der Wellendimensionen vorgeschlagen,[1]) das auf photographischen Aufnahmen an Bord und nachheriger Ausmessung der erhaltenen Bilder an Land mittels des Stereokomparators oder des Stereoplanigraphen beruht. Zur photographischen Aufnahme der Wellen an Bord sind 2 Kameras erforderlich, die in genau gemessenem Abstande voneinander so aufgestellt sind, daß die photographischen Platten in einer der Standlinie parallelen Ebene liegen, und die optischen Achsen der Objektive senkrecht zur Plattenebene stehen. Diese Aufnahmen in Verbindung mit Bestimmungen der Geschwindigkeit oder der Periode der Wellen liefern alle Daten, die zur Charakteristik und Darstellung der Wellen erforderlich sind; sie werden noch besonders dazu dienen können, die verwirrenden Erscheinungen der sich durchkreuzenden Wellenzüge an dem ruhigen Bilde zu entwirren und dadurch das Studium der Interferenz der Wellen, wie diese sich tatsächlich auf dem Ozeane abspielt, zu ermöglichen. Die nautische Abteilung des Reichsmarineamtes beabsichtigt, demnächst Versuche nach dem hier kurz geschilderten Verfahren anstellen zu lassen. Inzwischen gibt Rottok eine sehr dankenswerte Zusammenstellung des Wichtigsten, was die bisherigen Beobachtungen über die Meereswellen ergeben haben. Dieselbe enthält im wesentlichen folgendes: Die Wellenhöhe oder der senkrechte Abstand vom höchsten Punkte, dem Wellenkamme, bis zum tiefsten, dem Wellentale, beträgt in keinem Falle mehr als 15 *m*, die alten Angaben von turm- und häuserhohen Wellen sind durchaus übertrieben. Als größte Wellenhöhen wurden von Abercromby 14 *m*, von Skoresby 13 *m*, von der Novaraexpedition 11 *m*, von der »Challenger« 7 *m* gemessen. Im

[1]) Ann. der Hydrogr. 1903. p. 329 ff.

Durchschnitte beträgt nach den zahlreichen Beobachtungen, die Leutnant Pâris 1867—1870 an Bord der französischen Kriegsschiffe »Dupleix« und »Minerve« angestellt hat, die Wellenhöhe im Atlantischen Ozeane im Gebiete der Passatwinde 1.9 *m*, im Westwindgebiete des Südatlantic 4.3 *m*, im Gebiete der Passatwinde des Indischen Ozeanes 2.8 *m*, im Westwindgebiete desselben 5.3 *m*, im chinesischen und japanischen Meere 3.2 *m*, im westlichen Stillen Ozeane 3.1 *m*. Unter Wellenlänge versteht man den Abstand von einem Wellenkamme bis zum nächsten. Diese Längen der gewöhnlichen Sturmwellen betragen im offenen Ozeane durchschnittlich 90—100 *m*, der höchste Wert dürfte auf 400 *m* zu veranschlagen sein. Das Verhältnis der Wellenhöhe zur Wellenlänge nimmt mit der Zunahme der Wellenlänge ab, die Wellen werden also flacher, je weiter die Wellenkämme auseinander liegen. Im Durchschnitte verhält sich die Wellenhöhe zur Wellenlänge wie 1 : 30, sie kann aber bis 1 : 10 steigen. Unter Wellengeschwindigkeit versteht man den Weg, den die Welle in einer Sekunde durchläuft. Sie liegt auf den offenen Ozeanen gewöhnlich zwischen 11 und 15 *m*, und als größte Geschwindigkeit ist 24 *m* anzunehmen. Die Wellenperiode ist die Zeit, welche die Welle braucht, um einen Weg zu durchlaufen, welcher der Wellenlänge gleich ist; sie beträgt im Durchschnitte 7.5 Sekunden, ihr oberer Grenzwert ist 15 Sekunden. Mit der Andauer und der Stärke des Windes nehmen auf offener See alle Wellendimensionen, Höhe, Länge und Geschwindigkeit, zu; die Höhe wächst am schnellsten, die Länge zuerst langsam, dann aber schneller als die Höhe. Die Geschwindigkeit ist am wenigsten veränderlich, sie wächst allmählich mit der Dauer und Stärke des Windes und erreicht bald eine konstante Größe. Bei gleichbleibender Richtung und Stärke des Windes hört nach einer bestimmten Zeit die Zunahme der Wellendimensionen auf, und die Wellen nehmen einen konstanten Charakter an, man nennt sie dann ausgewachsene Wellen. Flaut der Wind ab, so nehmen auch die Wellenelemente ab, am schnellsten die Höhe, langsamer die Länge und Geschwindigkeit. Dies setzt sich fort, wenn der Wind zuletzt ganz aufhört, und die durch ihre abgerundeten Wellenkuppen gekennzeichnete »Dünung« eintritt. Während aber die Höhe der Wellen in der Dünung sich schnell vermindert, behält sie ihre Länge und Geschwindigkeit noch lange Zeit und in großem Abstande von dem Orte, an dem die Windstille eintrat, bei.

Die Stromversetzungen auf den internationalen Dampferwegen zwischen dem Englischen Kanale und New-York behandelte auf dem 14. deutschen Geographentage Prof Dr. Schott.[1]) Es handelt sich um die Versetzungen auf der wichtigsten Dampferlinie der Welt. Der Weg ist genau festgesetzt und muß von den

[1]) Zeitschr. der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903 p. 509.

Schiffsführern streng eingehalten werden, und zwar ist von Mitte August bis Mitte Januar der nördliche und von Mitte Januar bis Mitte August der südliche Weg festgelegt. Der Schnelldampferverkehr braucht eine genaue Kenntnis der Versetzungen, mit denen er rechnen muß. Dem Studium der Strömungen in den Ozeanen widmet sich die Deutsche Seewarte immer mehr, wobei sie wesentlich von der Hamburg-Amerikalinie und vom Norddeutschen Lloyd unterstützt worden ist. Die Größe der Stromversetzungen steht im umgekehrten Verhältnisse zu der Schiffsgröße. Die »Deutschland«, unser schnellstes Schiff, ist einmal nach einem orkanartigen Nordwest um 48 Seemeilen außer Kurs gekommen, das ist eine Strecke von 80—90 *km*. Von den untersuchten Fällen waren in 64% die Dampfer mit dem Winde nach Lee oder rechts nach Lee versetzt worden. Von einer erheblichen Unabhängigkeit des Golfstromes vom Winde kann keine Rede sein. Prof. Schott kommt zu folgenden Schlußsätzen als Ergebnis seiner Forschungen:

1. Die Größe der Versetzungen von Dampfern steht im umgekehrten Verhältnisse zur Schiffsgröße, scheint dagegen kaum von der Schnelligkeit und Maschinenkraft der Schiffe abzuhängen. 2. Ausnahmsweise große Versetzungen, die meist durch besondere Naturereignisse, schwere Stürme, gewaltige Strömungen u. dergl. hervorgerufen werden, kommen bei Schiffen jeder Größe fast im gleichen Maße vor. 3. Alle Schiffe werden am häufigsten nach Lee oder nach dem Quadranten rechts von Lee versetzt. 4. Die Versetzungen im Sinne der herrschenden Stromrichtung pflegen die größten zu sein. 5. Die Versetzungen sind im Durchschnitte auf der westlichen Hälfte der Dampferwege wesentlich größer als auf der östlichen; die Grenze der schwachen und starken Versetzungen liegt im Mittel bei 40° westl. L. für die südlichen, bei 30° westl. L. für die nördlichen Wege. 6. Auf der östlichen Hälfte beider Wege sind die Versetzungen nach allen Kompaßrichtungen ziemlich gleichmäßig verteilt. 7. Auf der westlichen Hälfte der südlichen Wege überwiegen bei Windstille überall Versetzungen nach Norden und Osten. 8. Auf der westlichen Hälfte der nördlichen Wege von 30—70° westl. L. wechseln die vorwiegenden Richtungen zweimal, und zwar zwischen NO und SW.

Der Landverlust an der mecklenburgischen Küste ist von Prof. E. Geinitz untersucht und gegliedert worden.[1]) Die ganze deutsche Ostseeküste ist gegenwärtig im Abbruche, alljährlich geht von dem Steilufer, dem »Klint« oder »Kliff«, etwas verloren, bald größere Schollen, bald kleine Partien. An verschiedenen Stellen ist dieser Rückgang ungleich groß; die 5 *m* hohe Diluvialküste des Samlandes bei Cranz weicht durchschnittlich jährlich um 1.8 *m* zurück, die 16—20 *m* hohe Diluvialküste Pommerns bei Colberg nur um 0.42 *m*,

[1]) Mitteil. der Großh. Mecklenb. Geol. Landesanstalt 15. Rostock 1903.

die bis 16 *m* hohe Diluvialküste der Stoltera bei Warnemünde um 1 *m*. Prof. Geinitz hat seine Untersuchungen auf die mecklenburgische Küste beschränkt, doch sind die von ihm gezogenen Folgerungen auch für die übrige deutsche Ostseeküste von Geltung. »Der Prozeß des Landverlustes wird nach der im Binnenlande verbreiteten Ansicht gewöhnlich auf die Tätigkeit des Meeres zurückgeführt, doch spielen auch andere Faktoren, gleichzeitig oder vorbereitend, eine wichtige Rolle dabei. Wir können bei dem Zerstörungsprozesse unserer, wie überhaupt der ganzen deutschen Ostseeküste 2 Momente unterscheiden, die für sich oder ineinander eingreifend, zur Aktion gelangen: die Arbeit der Atmosphärilien (und des Grundwassers) und diejenige der Wellen. Einen ganz erheblichen Anteil an der Zerstörung unserer Steilufer haben die Atmosphärilien, insbesondere der Frost und Antau. Das Tagewasser dringt längs der Absonderungsfugen des Geschiebemergels ein, und bei der exponierten Lage an der Wasserkante ist es nicht zu verwundern, daß der Frost hier die Quader mehr oder weniger leicht von der Wand ablöst.

So finden wir jedes Frühjahr den Strand mit einer Schutthalde belegt von scharfeckigen, großen und kleinern Bruchstücken des Geschiebemergels, mit Erde oder Sand, bis die Halde schließlich durch weitere Wasserbewegung gänzlich weggeführt wird, und die senkrechte Wand wieder frei erscheint, scheinbar in der frühern Gestalt, aber etwas weiter zurückgerückt. Dieses Abbröckeln durch den Frost und die Pflanzenwurzeln macht auch das Betreten der obern Kante des Landes gefährlich und ist eine treffliche Vorarbeit für die folgende Wirkung des Meeres.

Weiter spielt das Auftauen des Bodens eine wichtige Rolle. Der aufgeweichte Boden, Geschiebemergel oder Sand und Ton, rutscht und fließt die Halde abwärts, hier in geringem Maße, dort (und besonders bei Sandmulden) in mächtigen Schlammströmen oft bis ins Meer hinaus, so daß ein Passieren der Stelle unmöglich wird.

Die direkte Arbeit der Wellen setzt alljährlich mit den Herbst- und Frühjahrsstürmen oder auch in größern Pausen bei den Sturmfluten ein. Letztere arbeiten natürlich in sehr energischem Stile und erzielen oft in einem Tage den Betrag von Jahrzehnten. Aber auch die jährlichen Anschwellungen des Wassers sind wohl zu beachten, da sie gerade den dauernden Landverlust vermitteln und bedingen.

Die verschiedensten Formen des Steilufers werden hierbei geschaffen, von denen als Grundtypus immer die senkrechte Wand erscheint. Auch bei dem Heidesande oder bei angefressenen Dünen erscheint diese senkrechte Wand und hält sich oft recht lange Zeit, bis schließlich nach Austrocknen des Sandes eine der Korngröße entsprechende Böschung angestrebt wird.

Die Abspülung spielt auch an den Stellen eine Hauptrolle, wo der petrographische Charakter des Ufers den Angriff begünstigt, also

z. B. in den Sandmulden, welche z. B. in so eigentümlicher Art dem Geschiebemergel an der Stoltera bei Warnemünde eingelagert sind.

Wenn man ein klares Bild über den Landverlust und über die etwa dagegen vorzuschlagenden Mittel gewinnen will, muß man zunächst die Beschaffenheit der Ufer genau untersuchen.

An der mecklenburgischen Küste tritt der diluviale Geschiebemergel siebenmal in flachwelligen Erhebungen hervor, im Klützer Ort, Pöl, Wustrow, Alt-Gaarz, Brunshaupten, Rethwisch-Stoltera und Fischland. Hier bildet der Geschiebemergel die steilen hohen Ufer, die Verf. im Gegensatze zu den Dünen als »Klint« bezeichnet. Die schmalen oder weiten Zwischenräume zwischen diesem Hervortreten des Geschiebemergels sind von alluvialen Moorniederungen mit Dünenabschluß oder Wasser erfüllt, in der nordöstlichen Heide (Müritz-Gelbensande) aber von dem bekannten, feinen Heidesande; auch dieser bildet niedere Klintufer. Wesentlich nur an den hohen Ufern findet Abbruch statt. Übrigens darf man nicht ohne weiteres diese hohen Ufer als »Lehmufer« bezeichnen, wenn auch der Geschiebemergel seiner Verbreitung nach bei weitem den Hauptanteil an der Zusammensetzung hat. Im einzelnen zeigen sich sehr große Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Ufers, die nur in Karten von großem Maßstabe vollständig wiedergegeben werden könnten.«

Aus den sehr sorgfältigen und umfassenden Zusammenstellungen aller Einzelheiten über den Landverlust der mecklenburgischen Küste findet Prof. Geinitz, daß dieser in 100 Jahren 30 637 000 *cbm* beträgt und jedenfalls in frühern Zeiten nicht geringer war. Die Frage, was aus dieser Masse des abgebröckelten Landes wird, beantwortet er wie folgt: Geschiebemergel und Ton werden von den Wellen aufgearbeitet und einem natürlichen Schlämmprozesse unterworfen; die feinsten Teile und der Sandbestand werden gesondert, die großen Blöcke bleiben mehr oder weniger unverändert an der Stelle liegen, wohin sie gefallen sind, bis vielleicht Wellenschlag oder Eisschiebung ihren Ort langsam und um geringen Betrag ändert, oder der Mensch sie ausfischt und zerklopft. Wie wenig sie angegriffen werden, erhellt daraus, daß sich ihre Gletscherschliffe und Schrammen noch lange erhalten. Die Feinteile werden weit hinausgeführt, der Sand durch Küstenströmungen transportiert, bis er als Sandbank oder flaches Neuland an den Stellen ruhigen Wassers zur Ruhe kommt oder auch bald von neuem zur Wanderung gezwungen wird. Die störenden Sandbänke und die langen Sandzungen, die sich an die Landvorsprünge anlagern und endlich als Nehrungen vorspringende Halbinseln mit der benachbarten Küste wieder verbinden, sind sprechende Beweise dafür. Die Gerölle werden wohl auch zu Uferwällen aufgeworfen vor der Mündung von Niederungen (Heiliger Damm) der am Strande getrocknete Sand endlich zu Dünen aufgeweht. Dort, wo der Geschiebemergel stark ausgewaschen wird, sieht man am Strande und vor demselben in See reichlich Steingerölle angehäuft oder zu Steinriffen

angereichert, die Steinriffe in See sind die Reste ehemaliger Geschiebemergelerhebungen.

Nach der mechanischen Zusammensetzung des Geschiebemergels kann man annähernd annehmen, daß der Geschiebemergel bei seiner Ausschlämmung zerfällt in

1% große Blöcke und Steine,
3% Kies und groben Sand,
55% Sand,
16% »Staub«, d. i. feinsten Sand,
25% feinste Teile, d. i. Ton.

Legen wir unsere obige Zusammenstellung zugrunde, so finden wir, daß die mecklenburgische Küste jährlich über 300000 *cbm* Masse verliert, von welcher beim Ausschlämmen erhalten werden rund 200000 *cbm* Sand und 100000 *cbm* Ton und feinste Teile.

Gewissermaßen als Trost wird auf die Beobachtung hingewiesen, daß das Meer dafür, daß es an der einen Stelle Land abspült, an andern wieder neues Land anlagert.

Auch an unserer Küste ist dergleichen zu beobachten. Aber was ist der Gewinn? Statt des fruchtbaren Bodens niedriges Ödland, aus dem sich höchstens nach Jahren ein dürftiges Weideland entwickeln kann. Und außerdem steht die Größe des neuen Areals in keinem Verhältnis zu dem Verluste. Es wurde bei Erwähnung des Ufers von Redentin darauf hingewiesen, daß dort die Neulandbildung nicht als Meeresanschwemmung zu betrachten ist, sondern als Zuwachs vom Lande her. Vom Meere geliefertes Neuland sind die niedern Landzungen, die sich an manche Vorsprünge anlehnen, so ist die sandige Niederung des Priwalls in vorhistorischer Zeit durch Versandung einer tiefen Meeresbucht entstanden, von dem zerstörten Brothener und vielleicht auch Klützer Ufer hergeführt, so scheint im Süden der Insel Pöl ein flacher sandiger Zuwachs zu erfolgen, ebenso wie die am Kieler Ort an der SW-Spitze von Wustrow; und endlich ist die Sandniederung zwischen Dierhagen und Fischland die alte Ausfüllung eines Mündungstrichters, welche die Insel Fischland landfest gemacht hat.

Dagegen ist eines Vorteiles zu gedenken, den die Zerstörungsprodukte uns bieten, der Dünenbildung. Der ausgewaschene feine Sand wird an den Strand geworfen, unter dem Schutze von Buhnenbauten aufgehäuft, so daß oft der früher steinige Sand später ebener Feinsandboden wird (bis größere Wellen den Sand wieder wegführen), an den trockenen Stellen wirft der Wind den Sand zu den Dünen auf, welche ihrerseits für spätere Fluten als Wellenbrecher dienen; daher das Bestreben, zum Uferschutze Dünenbildung, wenn auch nur in kleinem Maßstabe, am Strande zu befördern und zu erhalten. An den Mündungsgebieten von Moorniederungen ist der eigentliche Ort für Bildung von Dünen, die nun für die meisten Fälle genügenden Schutz bieten gegen andringendes Hochwasser.

Gelegentlich werden die Sandanschwemmungen am Strande durch Verbreiterung oder Aufhöhung des Strandes von Nutzen gegen die andringenden Wellen.

Endlich muß noch einer schädigenden Einwirkung gedacht werden, der Versandung von Fahrrinnen. Die Wismarsche Einfahrt erleidet keinen Schaden durch Sandvorlagerung, dagegen die Warnemünder. Die sorgfältigen, von Baudirektor Kerner geleiteten, laufenden Messungen des Seegrundes bei Warnemünde haben die Veränderungen deutlichst vor Augen geführt, gegenwärtig ist dem Übelstande auf eine Reihe von Jahren durch die Fangvorrichtungen der Buhnenbauten und den verlängerten Molenkopf mit Erfolg entgegengearbeitet, der von Westen herangeführte Sand wird auf der Westseite der Mole abgelagert. Auf die Dauer der Zeit wird aber diese Arbeit nicht helfen, und der Sand später sich doch wohl wieder vor die Ausfahrt ablagern.

So sehen wir, das Meer bietet für seinen Abbruch der Ufer nur recht mäßige Entschädigung in Neulandbildung, und daneben noch direkten Schaden durch Versandungen.

Von der Menge der gelieferten Auswaschungsmassen der Zerstörungsprodukte wird aber bei weitem nicht aller Sand wieder an die Küste getrieben, und der Ton und staubfreie Sand findet sich hier überhaupt nicht. Dieser Rest der Ausschlämmassen muß also in die See hinausgeführt werden. Da er nicht am Strande bleibt, würde man denken können, daß die See allmählich in der Nähe des Strandes flacher werden müßte und dadurch einen selbstgeschaffenen Schutz gegen starken Wellengang liefern. Aber auch hiervon ist nichts zu bemerken. Man könnte deshalb vermuten, daß das Küstengebiet sich in langsamer Senkung befindet, wodurch die Aufhöhung des Bodens ihr Gegengewicht fände.« Die Zusammenfassung der bisherigen Beobachtungen durch das K. Preuß. Geodätische Institut sagt, »daß, wenn überhaupt von einer Hebung oder Senkung der deutschen Ostseeküste die Rede sein kann, sie wenigstens gegenwärtig an der ganzen Küste gleichmäßig erfolgt«; und weiter, »daß zur Zeit die relative Lage des Mittelwassers der Ostsee gegen die Küste als unveränderlich angesehen werden kann.« Perioden höhern und niedern Mittelwassers wechseln miteinander ab, die zum großen Teile meteorologischen Einflüssen zuzuschreiben sind.

Quellen und Höhlen.

Quellen am Meeresgrunde. Es ist wissenschaftlich von Interesse, eine Zusammenstellung der Lokalitäten zu besitzen, an denen submarine Süßwasserquellen sich befinden, allein bis in die jüngste Zeit waren nur vereinzelte Angaben in dieser Beziehung zu finden. Jetzt hat nun Dr. F. J. Fischer in einer großen Arbeit »Meer und

Binnengewässer in Wechselwirkung«[1]) eine reichhaltige Zusammenstellung solcher Lokalitäten geliefert und erläuternde Bemerkungen beigefügt.

Hiernach zeichnen sich besonders die nördlichen Gestade des Mittelmeeres, besonders diejenigen, wo Kreidekalke vorherrschend verbreitet sind und große Störungen ihrer Lage erlitten haben, durch submarine Quellen aus. Dr. Fischer bemerkt, man könne die verborgenen Wege, welche die Gewässer des Landes auf ihrer Bewegung zum Meere hin verfolgen, vor allem an dem Quellenphänomen an den provençalischen und ligurischen Küsten ersehen. Die Provence wird von mehrern Bergketten der Kalkalpenzone der Südwestalpen, die sich gegen Westen zu den Ketten von Sainte-Victoire und Sainte-Baume absenken, durchzogen, und wo dieser poröse Kalkstein unmittelbar ans Meer herantritt, der Meeresboden aber schroff gegen die Küste hin abfällt, da sind die Bedingungen für die Entstehung submariner Quellen besonders günstig. »Schlotförmige Dolinen oder Sauglöcher auf dem Rücken des Kalkgebirges schlucken das niederfallende atmosphärische Wasser auf, das in unterirdischen Hohlräumen dem Meere zufließt. In den Buchten von Cannes, Jouan und Antibes, sowie vor der Mündung des Var finden sich submarine Quellen, die sich bei ruhiger See durch ihr Aufwallen verraten. In der Salzlagune von Thau bei Cette, einer tiefen Stelle von Avysse, sprudelt eine Säule Süßwasser mit solcher Gewalt empor, daß sie Wellen schlägt. Sie könnte den Einwohnern der Stadt Cette dieselben Dienste leisten wie ehemals den Bewohnern von Syrakus die süße Meeresquelle im Hafen ihrer Stadt, von der sie ihr Trinkwasser bezogen.

Zahlreiche submarine Quellen weist nach Dr. Fischer die Umgebung der Rhonemündungen in verschiedenen Entfernungen von der Küste und oft in bedeutender Tiefe auf. Die mächtigste derselben, die von Port-Miou bei Cassis, bricht aus einem mindestens 2 *qm* großen Felsentore mit solcher Gewalt hervor, daß sie auf der Meeresoberfläche einen Strom erzeugt, der schwimmende Gegenstände oft über 2 *km* weit mit sich fortreißt. Ein Lot, das man in einen Bohrbrunnen nahe der Austrittsstelle dieser Quelle hinabließ, konnte erst nach einer Belastung mit einem Gewichte von 38 *kg* der starken im Brunnen herrschenden Strömung widerstehen und in vertikaler Richtung verharren. Nahe der Bai von La Ciotat oder Lèques treten auf dem Meeresgrunde so viele Quellen hervor, daß das Meerwasser dort drei Viertel seines Salzgehaltes verliert; das gleiche ist der Fall südlich von Mentone an der Riviera. Westlich von Saint-Nazaire, an der Küste von Portissol, ist das Aufquellen von Süßwasser im Meere so allgemein bekannt, daß man eine Landzunge als »Pointe de Source« (Quellenspitze) bezeichnet. Auf ähnliche Erscheinungen trifft man nach Dr. Fischer an der atlantischen Küste von Südfrankreich, wo

[1]) Abhandlung der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1902. 4. Nr. 5.

sich das Wasser des großen Sumpfes von Ossegore durch die Sandmassen des Gestades in einen unterirdischen Kanal, der wahrscheinlich einer alten Mündung des Adour entspricht, ins Meer ergießt und unter dessen Oberfläche austritt. Besonders kann man im Seebade Biarritz diese Verhältnisse in nächster Nähe beobachten. Weitere Beispiele finden sich in andern europäischen Seestaaten, so an dem Meerbusen des Humber in England und weiter südlich an der St. Margaretbai, wo große Süßwassermassen durch Spalten des Erdbodens unterirdisch ins Meer geleitet werden.

Besonders interessante Verhältnisse zeigt der Golf von Spezia, wo eine Anzahl submariner Quellen auf einer Verwerfungsspalte nachweisbar sind. Die mächtigste davon ist die Quelle Polla de Cadimare südöstlich von Spezia. Dort steigt ein starker Wasserquell bis 18 *m* hoch über den Meeresboden auf und erzeugt an der Oberfläche des Golfes einen kleinen Wasserhügel, der für kleinere Fahrzeuge unnahbar ist. Das Wasser, welches diese Quelle speist, rührt her von atmosphärischen Niederschlägen, die in einer Entfernung von 4 $^1/_2$ *km* auf die Höhen des Apennins niederfallen und dort von vielen Karsttrichtern und Ponoren, welche auf der großen Verwerfungsspalte von NW bis SO liegen, aufgeschluckt und weitergeführt werden, bis sie im Golfe von Spezia als Quellen wieder hervorbrechen. Infolge der 200 *m* hohen Lage des Niederschlagsgebietes bei San Benedetto steigt das Wasser als eine kräftige Wassersäule über die Meeresfläche empor. Aus welcher Tiefe solche unterseeische Quellen oft heraufkommen, zeigt die Tatsache, daß die Quelle von Cannes 162 *m*, die von San Remo 190 *m*, die am Kap St. Martin sogar 700 *m* unter dem Meeresniveau mündet.

Dr. Fischer weist auf den großen Reichtum submariner Quellen längs der Karstküsten von Istrien und Dalmatien hin. »Das Karstplateau,« sagt er, »welches den quarnerischen Golf umgibt, besitzt mit Ausnahme der Rijeka oder Fiumara bei Fiume nur temporäre Bäche und Flüßchen, welche an der Oberfläche des Terrains zu ihrem gemeinschaftlichen, natürlichen Mündungsgebiete gelangen. Die ganze Niederschlagsmenge, welche auf das Plateau und die Abhänge jener Karstgebirge fällt, wird von vielen großen und kleinen Dolinen und Ponoren aufgeschluckt und erscheint als Quellwasser im quarnerischen Golfe, wo untergetauchte oder submarine, trichter- und brunnenförmige Dolinen vorhanden sind, aus deren Spalten am Meeresboden Süßwasser hervorquillt. Die eine derselben befindet sich bei Mošenica, gegenüber der kleinen Bucht von Jelenšica, deren Zentrum sich bis 130 *m* tief senkt, während rings um den Trichter der Grund der Doline mit 45—65 *m* erreicht wird. Aus diesem Trichter strömt eine gewaltige Süßwassermasse hervor, die zwar in trockenen Zeiten nur durch die Strahlenbrechung ihrer aufsteigenden und über dem Meere sich ausbreitenden Schichten erkennbar ist, nach Regengüssen aber mit solcher Kraft aufwallt, daß auf einem Kreise von über

500 *m* Durchmesser keine Barke darüber fahren kann. Eine andere submarine Doline liegt bei der Hafeneinfahrt von Ika in Istrien und hat etwas kleinere Dimensionen. Aus einer 50 *m* tiefen Spalte des Grundes kommt eine ähnliche, kleinere, jedoch stetig aufwallende Quelle hervor. Auch an einigen Stellen zwischen Fiume und Volosca, sowie an der Küste bei Senj, südwestlich von Porte Cigale auf Lussin und südwestlich von Sansego sind ähnliche Quellen bekannt.«

Bezüglich des Vranasees auf der Insel Cherso, der nur durch eine schmale Hügelreihe vom Meere getrennt und ohne sichtbaren Zu- und Abfluß ist, hat Lorenz auf Grund seiner Temperaturmessungen zu beweisen versucht, daß der See sein Wasser nicht von der Insel Cherso, sondern vom Festlande her, und zwar wegen seiner niedrigen Temperatur (8° C. im Mittel) nur von einer der höchst gelegenen Gegenden des Velebit oder des Monte Maggiore erhalten könne, so daß das Wasser unter dem Meeresboden durchfließe und durch irgend eine Spalte in jenem Seepolje aufsteige. Wie der Zufluß, so sei auch der Abfluß des Sees untermeerisch. Der Spiegel des 56 *m* tiefen Sees liegt 13 *m* über dem Meere; wäre also die Insel Cherso an jener Stelle um etwas mehr als diese 13 *m* niedriger, so hätte man anstatt des Sees eine untermeerisch austretende, sehr beträchtliche, kalte Wassermasse.

Dr. Fischer bemerkt ferner, daß man in der Bucht von Vrullia zwischen Abmissa und Makarska bei Windstille deutlich das Aufsprudeln untermeerischer Quellen bemerkt, im Kanale Castelli bei Spalato dagegen nur nach vorangegangenem Regen. Auch in den Häfen von Cattaro und Avlona ist diese Erscheinung nicht unbekannt. Im Mare piccolo oder dem großen Hafen von Tarent, in einiger Entfernung von dem Galesus, springt Süßwasser in solcher Menge empor, daß man es ohne die geringste Beimischung von Brackwasser abschöpfen kann. Gleiches soll nach Brydone der Fall sein bei einer Quelle, die gegenüber der Arethusaquelle aus bedeutender Meerestiefe heraufkommt (Occhio di Zilica). »Selbst den Bohrer«, sagt er, »hat man auf dem Meesesboden angesetzt, um Wasser zu finden. Beim Vorgebirge Uncino, nicht weit vom neapolitanischen Städtchen Torre del Annunziata, kannte man seit langer Zeit eine Stelle, wo in ungefähr 30 *m* Entfernung von der Küste Luftblasen aus dem Wasser aufstiegen. Die Erscheinung erregte Aufmerksamkeit, und so wurden denn an einem sich ins Meer hinabsenkenden Felsen von vulkanischem Tuffe unter Wasser Bohrversuche angestellt. Als 2 Lagen von 16 *m* Dicke durchstoßen waren, stieg eine Wassersäule von 14 *cm* Durchmesser gewaltsam empor. Man trieb noch mehrere Bohrlöcher nieder; bei den meisten war der Grund ein sehr fester Lavaboden, nur beim letzten floß Wasser über ein mit Lavabruchstücken und vulkanischer Asche untermengtes Tonlager, welches ohne Zweifel als das Bett des unterirdischen Stromes gelten muß. Aus einer aufgesetzten Röhre sprang das Wasser anfangs 5 *m* hoch und so kräftig, daß es nicht

bloß kleines Gerölle, sondern auch Lavabrocken von ansehnlichem Gewichte mit heraufriß. Nach einiger Zeit sank die Wassersäule bis zu 3 *m*, auf welcher Höhe sie sich dann erhielt.«

Längs der Küste von Argolis gibt es eine Reihe untermeerischer Quellen, und sie entsprechen den auf dem Festlande in den sogenannten Katavothren verschwindenden Wassermassen. Auf der Insel Cerigo entspringt in der Bucht von Kapsali unter dem Seespiegel aus Kalkfelsen eine reichlich fließende süße Quelle und bleibt bei ruhiger See so unvermischt, daß man fast ganz reines Wasser von ihr schöpfen kann. »Bei der Insel Milo, der südwestlichsten der Kykladen, entquellen dem Meeresboden sogar Thermen. An der Karstküste von Kephallenia kommen untermeerische Quellen in der Lagune Kutavos, dem südlichen Teile der Bucht von Argostoli, und vor der Ostküste von Erisos vor, gegen welche der Schichtenfall die Gewässer, welche das poröse Gestein aufnimmt, hinabzuführen scheint. Besonders zahlreich erheben sie sich aus dem Grunde der Euphimiabucht und lassen das im Tale versiegte Süßwasser zutage treten. Auch weiter südlich, im Busen von Samos, gewahrt man nach Migliaressi drei bedeutende unterseeische Quellen, und Ansted beobachtete halbwegs zwischen Samos und Phyllaro eine so mächtige hervorsprudelnde Quelle, daß sie auf dem glatten Seespiegel einen Hügel von 1 Fuß Höhe aufwarf.«

Zahlreich sind auch die Beispiele submariner, mächtiger Quellen, die Dr. Fischer von der Südküste der Vereinigten Staaten beibringt. So sprudelt an der Mündung des St. Johnflusses eine untermeerische Quelle völlig süßen Wassers 1—2 *m* hoch über die Meeresfläche empor. »An den Küsten von Yukatan scheinen die Süßwasserquellen, die unterirdisch dem Meere zufließen, nicht die Form eigentlicher Flüsse anzunehmen, sondern vielmehr ausgebreiteten Seen ohne merkliche Strömung zu gleichen. In ihrer Gesamtheit sind diese submarinen Quellen mächtig genug, um dem Meerwasser auf weite Strecken von der Halbinsel entfernt das Gleichgewicht zu halten. Infolge des Gegendruckes, den die an der Küste hinströmende Meeresströmung ausübt, hat sich zwischen dem hohen Meere und dem vom Festlande her fließenden Süßwasser eine ähnliche Barre gebildet, wie sie sonst die Wogen vor den Flußmündungen aufbauen. Der Kanal, der sich wie ein breiter Fluß zwischen der Anschwemmung und der Küste Yukatans hinzieht, wird in der Tat nicht mit Unrecht von den Anwohnern als »rio« (Fluß) bezeichnet. Noch 400 *m* von der nördlichsten Spitze der Halbinsel, dem Kap Catoche, steigen Süßwasserquellen vom Meeresboden auf.

Die reichen Süßwasserquellen in der Bucht von Xagua auf Kuba sind durch v. Humboldt bekannt geworden. Die Kraft, mit der diese Quellen zutage treten, ist dermaßen groß, daß sie einen für kleine Kähne oft gefährlichen Wellengang verursacht. Schiffe, die nicht in Xagua einlaufen, holen zuweilen ihren Wasservorrat an diesen Quellen,

deren Wasser um so süßer und kälter ist, je tiefer es geschöpft wird. Durch Instinkt geleitet, haben auch die Manatis (Lamantins) dieses Süßwasser entdeckt, und die Fischer, welche diesen grasfressenden Cetaceen nachstellen, finden und erlegen sie dort in Menge auf offener See.

Ebenso quillt zwischen den Riffen, welche die höhlenreichen Bahamainseln umgeben, klares, frisches, süßes Quellwasser empor. Zur Zeit der Ebbe kann man die Quellen deutlich sehen und das Wasser da schöpfen, wo es aus dem Boden emporsprudelt.

In der Nähe der Insel Saba in den Kleinen Antillen entdeckte Kapitän Luger mitten im Meere das Vorhandensein einer beträchtlichen Süßwassermasse, die in konzentrischen Kreisen vom Meeresboden aufzuquellen schien.

Bei den Antillen St. Jacques und Guadeloupe finden sich im Meere warme Quellen. Auch bei der Insel Jamaika, auf der die Karstphänomene so mannigfaltig entwickelt sind, daß dieses Gebiet ein Seitenstück zu den stark verkarsteten, aus Kreide und Eocänkalksteinen zusammengesetzten Ländern des adriatischen Karstes bildet, stieß man auf eine untermeerische Quelle.

Ein gleiches findet nördlich von der durch ein furchtbares Erdbeben seinerzeit (1868) bekannt gewordenen Orte Arika in Chile, früher zu Peru gehörig, statt, wo ein Fluß plötzlich im Sande verschwindet und unsichtbar dem Meere zueilt, um einen breiten unterseeischen Fluß zu bilden. Ein anderer Fall ist westlich des peruanischen Hafens Talora zu beobachten, wo sich auf dem Meeresboden in 18 *m* Abstand von der Küste ein echtes Flußbett gebildet hat. Im Hinterlande der Küste befindet sich dort eine Reihe von Seen, deren Gewässer in eine Felsspalte abfließen und wahrscheinlich am Meeresgrunde erst wieder den Boden verlassen.«

Von Interesse ist, daß an der ostafrikanischen Küste der Rowuma eine unterirdische Flußmündung besitzt, noch merkwürdiger aber die folgende von Dr. Fischer mitgeteilte Tatsache. »Das zwischen dem Grünen Kap (Kap Verde) und der brasilianischen Küste vollendete Kabel aus ganz neuem und vorzüglichem Materiale versagte mehrmals hintereinander den Dienst, und die Untersuchung stellte fest, daß es immer ungefähr an derselben Stelle gerissen war. Man prüfte nunmehr den Meeresboden aufs genaueste, um die Ursache dieser Störung zu erfahren, und fand, daß sich dort am Meeresboden die Quelle eines Flusses befand, der das Kabel mit Schuttmassen überschüttet und zum Reißen gebracht hatte. Die Herkunft dieses Süßwasserstromes blieb nicht lange im Unklaren, denn man fand, daß sich an der afrikanischen Küste, gerade in gleicher Höhe mit der fraglichen Meeresstelle, ein Fluß in die Sümpfe von Yof ergießt und sich dort in den Sand des Bodens verliert. Es konnte kaum ein Zweifel darüber obwalten, daß es das Wasser des Flusses war, das sich in einer Entfernung von 24 *km* von der Küste unterirdisch ins Meer

ergießt und zum Reißen des Kabels Veranlassung gegeben hatte. Diese Vermutung wurde dadurch noch wahrscheinlicher, daß sich das mit der Reparatur beschäftigte Schiff eines schönen Tages plötzlich mit einer Menge von Orangeschalen, Kalebassen, Zeugstücken usw. umgeben sah, die wohl keinesfalls von der 140 *km* entfernten Mündung des Senegal kommen konnten, sondern wahrscheinlich aus der unterirdischen Flußmündung in die Höhe gestiegen waren.«

Ein Beweis, wie weit wasserdichte Schichten sich unter dem Meere fortziehen können, ist der von Dove angeführte Fall, daß ein englisches Konvoi im Indischen Ozeane 125 Meilen entfernt von Chittagong eine mächtige Süßwasserquelle entdeckte. Umgekehrt hat A. v. Humboldt die Tatsache, daß sich auf einigen der kleinen, felsigen, nur wenig über dem Meeresspiegel erhabenen Eilande, den Kayen oder Kagos bei Kuba, völlig süßes Wasser vorfindet, dadurch erklärt, daß sie infolge der Verlängerung der Schichten des jurassischen Kalksteins und der Auflagerung des Korallenkalksteins auf demselben von der benachbarten Küste und den Gebirgen Kubas ihr Trinkwasser erhalten. Dr. Fischer bemerkt, daß die nur 15 *qkm* große Insel Norderney an allen Stellen, die nicht von der täglichen Flut erreicht werden, süßes Wasser hat, und man sah, sobald Ebbe ist, außerhalb der Dünen sogar Süßwasser emporsprudeln. Ferner sollen nach ihm einzelne Granitklippen der Ostsee, Ertholmen genannt, selbst im trockensten Sommer Überfluß an Süßwasser haben, das ebenfalls nur unter dem Meere her vom Festlande kommen kann.

Im Gegensatze hierzu berichtet Dr. Lersch, daß die Bewohner Yukatans größtenteils längst verschmachtet sein müßten, wenn sich dort nicht tiefe Höhlenbrunnen fänden, zu denen sie auf Leitern durch künstliche und natürliche Schächte von mehr als 300 *m* Tiefe hinabsteigen.

Die intermittierende Lindwurmquelle bei Laibach. Über diese schon seit Jahrhunderten den Umwohnern als intermittierend bekannte, dennoch aber wissenschaftlich noch wenig erforschte Quelle berichtet W. Putick.[1]) Ihrer wird zuerst von Frhr. v. Valvasor (1689) gedacht, der dieselbe einige Jahre vorher, von den Landleuten aufmerksam gemacht, besuchte. Die abergläubischen Bauern glaubten, in der Quelle hause unterirdisch ein Drache, der von Zeit zu Zeit das Wasser herauswerfe. Erst in neuester Zeit ist die Quelle leichter zugänglich und die Quellenöffnung freigemacht worden, so daß man den Wasserspiegel am Ursprunge der Quelle sehen kann. Die Quelle liegt in 482 *m* Meereshöhe; dagegen hat der höchste Punkt des Berglandes, in welchem die unterirdischen Zuflüsse der Lindwurmquelle verborgen liegen, in der Bergkuppe »Zaplana« 800 *m* Meereshöhe. Hinsichtlich der geologischen Verhältnisse des Sammelgebietes der

[1]) Erdbebenwarte **3.** p. 18.

Lindwurmquelle ist zu bemerken, daß das Gebiet der Triasformation angehört und vorwiegend aus Sandstein und dolomitischem Kalke besteht. Was ferner die Terrainbeschaffenheit anbelangt, so ist das Einziehungsgebiet der Quelle ein vorherrschend bewaldetes Bergland, das unbedeutende Karsterscheinungen zu verzeichnen hat.

Der Berichterstatter war Augenzeuge eines starken Ausbruches der Quelle. Er schreibt:

›Am 30. Mai kam der Berichterstatter nach Oberlaibach und erfuhr dort, daß Herr Gabriel Jelovšek seit 8 Tagen die Felstrümmer beim Lindwurm durch 4 Arbeiter entfernen ließ und am 29. Mai nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr Augenzeuge eines vehementen Wasserausbruches war. An den frühern Tagen wurde von den Arbeitern am Ursprunge der Quelle außer dem konstanten Abflusse ein Wasserausbruch nicht beobachtet, obschon sie täglich von 6 Uhr früh bis zur Abenddämmerung an Ort und Stelle ununterbrochen beschäftigt waren. Doch erfuhren die Arbeiter von Hirten, die schon im ersten Morgengrauen in der Nähe der Lindwurmquelle das weidende Vieh bewachten, daß Tag für Tag vor 4 Uhr morgens der Lindwurm tätig wäre. Die Arbeiter hatten tatsächlich jeden Morgen die zurückgebliebenen Spuren des Wasserausbruches schon auf dem Wege zum Quellenursprunge wahrgenommen. Sie näherten sich deshalb, abergläubisch, wie die Landbevölkerung ist, ängstlich der Stelle ihrer Tätigkeit und verließen dieselbe auch jeden Tag in aller Stille. Diese erzählten Herrn Jelovšek täglich am Abende von ihren Wahrnehmungen und von den Nachrichten, die sie von den Hirten erfahren hatten. Herr Jelovšek kam wiederholt und zu verschiedenen Tagesstunden zur Quelle, um den Fortschritt der von ihm angeordneten Arbeiten zu besichtigen und weitere Anordnungen zu treffen. Am 29. Mai begab er sich wieder auf den Weg zur Lindwurmquelle. Um 3 Uhr nachmittags dort angekommen, ließ er einen Felsblock knapp am Ursprungspiegel zur Sprengung derart anbohren und laden, daß der gewaltige Minenknall den Quellspiegel traf. Ungefähr eine Viertelstunde nach der Detonation des Sprengschusses trat die sonst ruhig fließende Qnelle in die Erscheinung eines rauschenden nnd stürmenden Gießbaches, worauf die Sprengarbeiten an der Quelle unterbrochen wurden. Infolgedessen unternahm Verf. gleich am andern Tage einen Besuch der Quelle. Er kam 20 Minuten vor 4 Uhr beim Quellursprunge an. Nach erfolgter Besichtigung und Markierung des Quellspiegels an den Felstrümmern, zwischen welchen etwa 4 Sekundenliter Wasser aus der Quelle zum felsigen Waldgraben kontinuierlich herabrieselten, wurde ein Flintenschuß zwischen dem Quellspiegel und der Felsendecke der Ursprungshöhle in das Berginnere abgefeuert. Der Pulverrauch wurde mit einem bereitgehaltenen Buchenaste zerstreut. Als der Quellspiegel wieder sichtbar wurde, zeigte er die ursprüngliche Höhe. Es war 12 Minuten vor 4 Uhr. Kaum eine Minute darauf wurde wahrgenommen, daß der Quellspiegel um 1 *cm* gestiegen war und anfangs gleichmäßig, dann aber progressiv weiter emporstieg, bis er nach 12 Minuten die Höhe von 42 *cm* über Nnll erreicht hatte. Inzwischen merkte man augenscheinlich die Zunahme des Wasserabflusses im Quellgraben unterhalb der Trümmergesteinbarre des Quellspiegels, welcher auf dieser Höhe den Scheitel der Barre erreichte und rasch überzulaufen begann. Der Quellspiegel erhöhte sich durch weitere 6 Minuten progressiv und erreichte endlich 82 *cm* Höhe über Null, blieb auf dieser Höhe 10 Minuten konstant, fiel nachher von 82 auf 42 *cm* gleichmäßig durch 25 Minuten und fiel ebenso gleichmäßig durch weitere 19 Minuten von 42 *cm* auf den Nullpunkt zurück, so daß die Erscheinung des Wasserausbruches insgesamt 72 Minuten in Anspruch nahm, wovon gegen 30 Minuten der auffallendsten Intensität angehörten. Der Quellspiegel war von Null auf 42 *cm* und umgekehrt je höher, desto heftiger pulsierend und von 42 *cm* auf 82 *cm* Höhe und um-

gekehrt in analoger Weise je höher, desto heftiger bewegt und in sprudelnder Tätigkeit. Das durch den im Mittel 70 *cm* breiten, mit 4% geneigten Quellschlitz hinablaufende Wasser hatte eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 1.5—1.8 *cm*, so daß während der maximalen Tätigkeit der Quelle ungefähr 400—450 Sekundenliter, d. i. 0.40—0.45 *cbm* per Sekunde, derselben entsprangen. Der Quellschlitz mündet nach 12 m Länge in einen steilen und felsigen Graben, wohin das stürzende Wasser dahinrauscht und eine ununterbrochene Reihe von kleinen Wasserfällen bildet, bis es tiefer im Graben nach ruhigerm Laufe durch das primitive Wehr der außer Betrieb stehenden »Alten Mühle« eine Zeitlang aufgehalten wird. Insgesamt lieferte der einmalige Ausbruch der Lindwurmquelle 3500—4000 *hl*, d. i. 350—400 *cbm* Wasser.

Weitere Beobachtungen und Messungen der Wasserausbrüche an der Lindwurmquelle stehen nunmehr im Plane. Was den oben geschilderten Wasserausbruch betrifft, so wird ferner bemerkt, daß es noch öfters zu versuchen sein wird, ob die Erscheinung durch ähnliche Detonationen vor der Höhlenmündung zu beliebiger Zeit beschleunigt wird, wie es am 29. und 30. Mai auffallenderweise erzielt wurde, oder ob das Phänomen selbsttätig nur zu gewissen Tagesstunden, von den gefallenen Niederschlägen abhängig, einzutreten pflegt. Der am 30. Mai beobachtete Wasserausbruch der Quelle brachte am Quellspiegel beständig klares Wasser zum Vorscheine, dessen Temperatur 9° C. betrug.«

Untersuchungen über die Abnahme der Quellentemperatur mit der Höhe im Gebiete der mittlern Donau und des Inn hat Dr. F. v. Kerner angestellt.[1]) Diese Untersuchung basiert auf einer großen Zahl von Quellenmessungen, welche vom Vater des Autors vor vielen Jahren in Niederösterreich und Nordtirol ausgeführt worden sind. Es wurden zunächst die Fehlergrenzen bestimmt für die Ableitung des Jahresmittels der Quellentemperatur aus nur zwei zu passend gewählten Zeitpunkten angestellten Messungen. Hieran schließt sich eine Erörterung der Korrektionen, welche an den Quellentemperaturen anzubringen sind, um den Einfluß der orographischen Lage und Bodenbeschaffenheit zu eliminieren und die Temperaturen als alleinige Funktionen der Seehöhe zu erhalten. Alsdann folgt die Ableitung von Gleichungen für die Abnahme der Quellentemperatur mit der Höhe, und zwar getrennt für drei verschiedene Regionen im Stromgebiete der mittlern Donau und für zwei verschiedene Gebirgszüge im Flußgebiete des Inn. Diese Gleichungen sind (h in Hektometern ausgedrückt):

Südrand des böhmischen Massivs:

$$t = 11.75 - 0.85h + 0.04h^2.$$

Niederösterreichische Voralpen:

$$t = 10.21 - 0.15h - 0.04h^2.$$

Niederösterreichische und obersteirische Kalkalpen:

$$t = 9.93 - 0.37h.$$

Nordtiroler Kalkalpen:

$$t = 13.91 - 0.80h + 0.01h^2.$$

Tiroler Zentralalpen (nordwärts der Hauptwasserscheide):

$$t = 12.11 - 0.44h.$$

---

[1]) Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse v. 2. April 1903.

Diese Formeln werden sodann, besonders insoweit sie quadratische Glieder enthalten, näher diskutiert und mit den geognostischen und den mit diesen eng verknüpften morphologischen Verhältnissen der betreffenden Gebiete in Beziehung gebracht. Den Schluß bildet ein Vergleich der Abnahme der Quellenwärme mit der Abnahme der Lufttemperatur.

Die Änderungen des Grundwasserstandes in Brünn. In den Jahren 1865—1880 hat Mendel daselbst sehr genaue und lückenlose Beobachtungen des Wasserstandes im Konventbrunnen des Stiftes St. Thomas, der eine Tiefe von ca. 7 *m* besitzt, ausgeführt. Diese wertvolle Messungsreihe ist von J. Liznar bearbeitet worden.[1]) Es wird wenige Orte geben, von welchen eine so homogene Reihe von Beobachtungen über den Grundwasserstand vorliegt, weshalb die von Liznar veröffentlichten Taten von besonderm Werte sind, indem sie auf das deutlichste nachweisen, daß der Grundwasserstand tatsächlich von der Niederschlagshöhe abhängig ist.

Die folgende Tabelle zeigt den jährlichen Gang des Grundwassers und Niederschlages in Zentimetern.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Grundwasser	—6.0	1.5	15.3	25.2	29.3	23.2	5.3	—12.6	—24.0	—28.7*	—20.9	—7.2	328.0
Niederschlag	5	5*	6	6	12	14	11	14	5*	7	8	7	551
	5*	5*	6	6	12	13	11	14	7	7*	8	6	510

Der jährliche Gang des Niederschlages ist durch 2 Zahlenreihen dargestellt, wovon die erste der Periode 1865—1880, in welcher die Beobachtungen über den Grundwasserstand ausgeführt worden sind, entspricht, während die zweite aus den Niederschlagsmessungen der Jahre 1848—1882 abgeleitet worden ist. Beide stimmen fast vollkommen überein. Der Niederschlag zeigt im Laufe des Jahres 2 Maxima im Juni und August, die durch ein kleines Minimum im Juli getrennt erscheinen, ferner ein sekundäres Maximum im November. Das Hauptminimum tritt im Januar oder Februar ein, ein zweites sekundäres Minimum zeigt der September, bezw. Oktober.

Der jährliche Gang des Grundwasserstandes und des Niederschlages ist demnach sehr verschieden, so daß es den Anschein hat, als ob beide Erscheinungen nichts miteinander zu tun hätten. Bei näherer Überlegung kommt man aber zu einem ganz andern Schlusse. Berücksichtigt man nämlich, daß nicht das ganze Niederschlagswasser in den Boden eindringen kann, da eine größere Menge desselben oberflächlich abfließt, und ein beträchtlicher Teil verdunstet (besonders im Sommer), daß ferner im Sommer durch die Vegetation dem Boden Wasser entzogen wird, ehe es in tiefere Schichten gelangen kann,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 537.

so wird man einsehen, daß die angeführten Umstände für den Grundwasserstand von großer Bedeutung sein müssen.

Der Wasserabfluß ist im Sommer, in dem die Niederschläge mit größerer Intensität auftreten (d. h. es fällt mehr Regen in kürzerer Zeit), bedeutend größer als im Herbste oder Frühjahre, zu welcher Zeit das Niederschlagswasser (oder auch Schmelzwasser) mehr Zeit findet, in den Boden einzudringen. Im Sommer ist aber auch die Verdunstung viel größer, denn bei den höhern Temperaturen enthält die Luft immer weniger Wasserdampf, als sie im Maximum enthalten könnte, so daß stets ein Sättigungsdefizit vorhanden ist, von dessen Größe die raschere oder langsamere Verdunstung abhängt. Beachtet man noch, daß auch mehr Wasser im Sommer verbraucht wird, so läßt sich durch das Zusammenwirken aller angeführten Faktoren der jährliche Gang des Grundwassers leicht erklären. Es steigt zwar der Niederschlag vom Winter zum Sommer und erreicht sein Maximum im Juni und August, allein es ist im Sommer nicht nur der oberflächliche Abfluß und der Wasserverbrauch, sondern auch die Verdunstung am größten. Überwiegen nun die letztern, dann muß im Sommer ein Sinken des Grundwassers eintreten, wie es aus den mitgeteilten Zahlen zu ersehen ist. Dieses Sinken dauert so lange, bis Wasserzufuhr (durch den Niederschlag) und Verlust gleich groß werden, dann trifft der tiefste Stand ein. Von da an überwiegt die Wasserzufuhr, das Grundwasser steigt bis zum Mai, zu welcher Zeit wieder Zufuhr und Verlust gleich werden.

Nicht überall tritt der jährliche Gang des Grundwasserstandes in der hier beschriebenen Form auf, weil die beeinflussenden Faktoren andere Werte annehmen können. Dort z. B., wo die Sommerniederschläge größer werden, die Verdunstung aber verhältnismäßig klein bleibt, wird der jährliche Gang des Grundwasserstandes die Form der jährlichen Periode des Niederschlages annehmen, wie dies z. B. in München der Fall ist.

Eine Theorie der Kohlensäure führenden Quellen hat Professor F. Henrich aufgestellt.[1]) Die Entstehung der Säuerlinge erklärte G. Bischof 1863 in folgenden Worten: »Die Säuerlinge sind stets aufsteigende Quellen. Sie können nur entstehen, indem in größerer oder geringerer Tiefe die aufsteigenden Quellen mit Kohlensäureexhalationen in Berührung kommen. Aufsteigende Quellen aber sind mit Wasser gefüllte kommunizierende Röhren, deren einer Schenkel höher ist als der andere, aus dessen Mündung das Wasser fließt.« Hiervon geht der Autor bei seinen weitern Besprechungen aus, indem er sich besonders gegen den Schlußpassus dieser Definition wendet. Henrich nimmt nicht zwei, »sondern eine in die Tiefe

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuß. Staate Berlin 1902 **50**. p. 531—557.

gehende Röhre oder Spalte an, die ihr Wasser durch zahlreiche einmündende Seitenspalten oder Haarspalten erhält. Diese ersetzen die kommunizierende wasserliefernde Röhre. Der Wasserspiegel in den Seitenspalten muß nicht über dem der Quelle, er kann selbst unter diesem liegen.« Diese Theorie wird sodann auf mathematischem Wege bewiesen, indem die einzelnen Größen, wie Wassermenge, Druckhöhe usw., in Formeln gebracht werden. Daraus ergibt sich dann auch, weshalb solche Quellen bei abnehmendem Luftdrucke mehr Wasser liefern. Der Grund ist ein doppelter: erstens, weil aus dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser mehr Kohlensäure entbunden, folglich ebensoviel Kubikmeter Wasser verdrängt werden, dann aber, weil das Volumen der frei durchströmenden Kohlensäure größer wird. Der 1. Grund kommt nur zu Anfang des sinkenden Barometerstandes in Betracht, der 2. Grund dagegen bleibt während des ganzen niedrigen Luftdruckes aufrecht. Ferner wird mathematisch bewiesen, daß »alle Sauerquellen durch Kohlensäure derart aufgetrieben« werden, »daß die in der Quellenröhre frei aufsteigende Kohlensäure so viel Wasser verdrängt, als sie selbst Raum einnimmt,« daß dagegen ein Auftrieb in der Weise, daß die Wassersäule durch die Gasblasen gehoben würde, nur in ganz verschwindendem Ausmaße zu beobachten ist. Diesen Ausführungen schließen sich dann noch noch zwei weitere Kapitel an, in welchen zahlreiche bestätigende Versuche besprochen und eine Anwendung der Theorie auf erbohrte Säuerlinge gemacht wird.

Über die Entstehung und die Rolle des Erdöles hat H. Höfer weitere Studien veröffentlicht.[1]) Zunächst knüpft er an seine frühern Ergebnisse an, in welchen darauf hingewiesen wurde, daß die Erdöl begleitenden Wasser meist vollständig frei von Sulfaten gefunden wurden, da Erdöl und dessen Gase auf das Wasser reduzierend wirken, und der Schwefel bei Hinzutritt der Luft aus dem sich bildenden Schwefelwasserstoffe ausscheidet. Diese Erscheinung bringt es mit sich, daß die Chlorbaryumprobe bei Schürfungen auf Petroleum einen wichtigen Behelf abgibt.

Bezüglich des Einflusses der Bitumen auf die Sulfate im Wasser wird gezeigt, daß dabei eine Umwandlung der Sulfate in Sulfide oder Karbonade (Bikarbonate) und begleitenden Schwefelwasserstoff vor sich geht.

Was die Entstehung des Erdöles anbelangt, so wird jene als die zutreffendste hingestellt, welche die Bildung der Erdöllagerstätten auf die plötzliche Massenvertilgung von Meerestieren zurückzuführen sucht. Daß solche Massenmorde nicht einmal besonders selten vorkommen, zeigen viele Beobachtungen, und sind in dieser Richtung die Aufzeichnungen von Prof. A. Agassiz von besonderm Interesse.

[1]) Abh. d. Kais. Akad. d. W. Wien. Mathm.-naturw. Klasse 61. Abt. I. p. 615.

Schließlich verbreitet sich Höfer über die große Rolle, die dem Bitumen als ein Reduktionsmittel, respektive Präzipitators der Metallsulfide zufällt. Während es allgemein bekannt ist, daß durch die Einwirkung von Kohlenwasserstoffen die gelösten Sulfate der schweren Metalle zu unlöslichen Sulfiden reduziert werden, gelang es Höfer nachzuweisen, daß mitunter auch diese auf gleichem Wege in Metalle verwandelt werden können, wobei Kohle ausgeschieden wird. Die Vorkommnisse in den Kongsberger Silbergängen brachten Höfer zur Vermutung dieses Vorganges, und die angestellten Experimente haben denselben nicht nur vollauf bestätigt, sondern auch die vielfache Auffindung von »Organolithen« erklärt. Als weitere Belege für diese Ansichten werden zahlreiche Bitumenvorkommen in Erzdistrikten und ebenso Bitumeneinschlüsse in Mineralien zusammengestellt und umgekehrt auch angeführt, daß nicht selten Schwefelkies, Bleiglanz und Zinkblende in Mineralkohlen anzutreffen sind.

Die Höhle von Padirac schildert E. A. Martel,[1]) und E. Fugger gibt von diesen Schilderungen folgenden, das Geologische betreffenden Auszug.[2]) Ein nahezu kreisrundes Loch von 90 *m* Umfang öffnet sich in fast horizontalem Boden und reicht, sich nach abwärts noch mehr erweiternd, als senkrechter Schlund in die Tiefe. Der Einstieg geschieht durch einen künstlichen, seitwärts angelegten Schacht von 14 *m* Tiefe auf eisernen Stiegen und führt dann durch eine natürliche Grotte auf eine Terrasse in dem eigentlichen Schlund, wo sich eine Restauration befindet. Von hier gelangt man auf einer eisernen Treppe von 37 *m* Höhe zum untern Ende des vertikalen Teiles des Schlundes auf den hier abgelagerten Schuttkegel; über diesen geht ein bequemer Weg in Serpentinen, an Seitenhöhlen vorüber, in die Tiefe, etwa 100 *m* unter der Oberfläche. An der Westseite des Schuttkegels öffnet sich eine »Galerie du Ruisseau« von ca 120—150 *m* Länge, an der Ostseite desselben beginnt die eigentliche, in ihrer Hauptrichtung nach N ziehende Galerie. In der Galerie du Ruisseau befindet sich der Oberlauf, in der Hauptgalerie der Unterlauf des unterirdischen Flusses. Letztere beginnt mit der Galerie de la Fontaine (280 *m* lang, 3—8 *m* breit), in welcher der Padirac in so bescheidener Breite dahinfließt, daß neben ihm noch reichlich Raum bleibt für einen festen, trockenen Pfad. Nun folgt die Rivière Plane, eine Strecke von abermals 280 *m* Länge und ca. 8 *m* Breite, in welcher jedoch der Fluß die ganze Breite der Galerie derart ausfüllt, daß man nur zu Schiff vorwärts dringen kann; die Höhe der Galerie schwankt zwischen 6 und 60 *m*, Tiefe des Wassers zwischen 1 und 4 *m*. Nachdem sich weiterhin die Höhle bald unregelmäßig erweitert und ebenso unregelmäßig ver-

[1]) Le Gouffre et la Rivière souterraine de Padirac. Paris 1901.

[2]) Petermanns Mitteilg. 1903. Literaturbericht p. 101.

engt hat, während sich an den Wänden Tropfsteinbildungen der verschiedenartigsten Gestalten zeigen, erreicht man den Grand Dôme, einen Raum von 90 *m* Höhe, der an der Seite, 20 *m* über seiner Sohle, einen kleinen See, den Lac Supérieur, enthält. In diesem Teile der Galerie tritt der Felsboden stellenweise am Rande derselben, stellenweise inselartig, dann wieder in Form von Querriegeln aus dem Wasser hervor. Etwa 220 *m* innerhalb des innern Endes der Rivière Plane ist eine Kaskade von mehrern Metern Höhe, längs welcher Stufen abwärts führen, und nun geht die Fahrt wieder zu Schiff weiter über zahlreiche Querriegel in der bald weiten, bald engen, bald hohen, bald sehr niedrigen Galerie, wobei der Fluß den ganzen Bodenraum derselben ausfüllt. Diese Strecke hat eine Länge von ungefähr 600 *m*. Der Fluß verengt sich nun, bald tritt auf der einen, bald auf der andern Seite desselben, endlich auch zu beiden Seiten fester Felsboden auf (durch ca. 120 *m*), dann wird der Fluß wieder breiter, und nur die steilen Felswände bilden seine Ufer, bis er nach weitern 100 *m* in einem unzugänglichen Schlunde verschwindet. Die äußere Erdoberfläche steigt vom großen Schlunde an in der Richtung der Hauptgalerie, also gegen N, anfangs um 20 *m* und senkt sich von da ab bis zum Ende der Galerie um 40 *m*; der Punkt, wo der unterirdische Fluß verschwindet, liegt 105 *m* unter der Erdoberfläche, daher 125 *m* unter der Schlundöffnung, und das ganze Gefälle der Höhle vom Fuße des Schuttkegels bis zum Nordende beträgt 25 *m*. Die Länge der Höhle von der Tiefe des Schlundes bis zum Verschwinden des Flusses beträgt gegen 1700 *m*, die Galerie du Ruisseau samt dem Zugange zu derselben etwas über 200 *m*, so daß die Länge der ganzen Höhle mindestens 1900 *m* mißt mit einer durchschnittlichen Tiefe von 100 *m* unter der Erdoberfläche. Das mittlere Gefälle beträgt beiläufig 1.5 Proz.

Flüsse.

Die Flußdichte im Elbsandsteingebirge und dessen nordöstlichen Nachbargebieten bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. G. Feldner.[1] Es besteht, bemerkt einleitend der Verf., eine Wechselwirkung zwischen dem Wasser und den Oberflächenformen des Landes, indem beide Erscheinungen einander bedingen. Hierbei ergeben sich als Resultate einmal eine beständige Niveauumgestaltung des Landes, im andern Falle eine Änderung von Form und Zahl der Wasseradern. Die Menge der Wasserfäden wird in einem bald mehr, bald weniger reichverzweigten Netze zusammengefaßt, das fast alle Teile der Erdoberfläche, wo Niederschläge stattfinden, überzieht. Dieses Netzwerk von Wasserläufen prägt nicht nur durch die verschiedene Form, Länge und Breite der einzelnen

[1]) Mitt. des Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1902. Leipzig 1903. p. 1 ff.

Rinnen, sondern vor allem auch durch die wechselnde Größe seiner Maschen der Bodenfläche eine von Ort zu Ort sich ändernde Physiognomie auf. Je enger die Maschen des Gewässernetzes, je geringer die Abstände zwischen den einzelnen Wasserfäden sind, desto mehr wird die scheinbar starre Erdkruste belebt, verändert. Mit der steigenden Zahl der Wasseradern, die den Boden durchfurchen, und mit der Entwicklung der einzelnen Wasserläufe wächst die Zahl der Punkte, an welchen das flüssige Element mit seiner zerstörenden, umformenden und neubildenden Tätigkeit einsetzen kann.

Bisher sind, wie Neumann bemerkt, noch wenig Untersuchungen über die Dichte des Gewässernetzes in bestimmten Landgebieten angestellt worden. Penck berührt diesen Gegenstand in seiner »Morphologie der Erdoberfläche. Er stellt fest: In den Zentralalpen sind aller 5—6 *km* größere Flüsse anzutreffen. Aller 2—3 *km* münden in diese wieder Nebenflüsse, so daß auf 4—9 *qkm* ein Flußlauf zu rechnen ist. Bäche münden in Abständen von ungefähr 250 *m* in die Hauptläufe.

Bezüglich der Flußdichte Deutschlands bemerkt Ratzel, daß hier aller 3 *km* ein Bach, aller 100—150 *km* ein Strom anzutreffen ist. Ferner weist Ratzel hin auf die ungleich größere Zahl der Wasserfäden in den Alpen, auf der süddeutschen Hochebene und auf dem größten Teile des baltischen Landrückens, im Gegensatze zur Wasserarmut im Sandboden der Mark und der Pegnitz. Als interessante Beispiele für den auf engem Raume bestehenden Gegensatz von Armut und Reichtum an Quellen nennt Ratzel Teutoburger Wald und Haarstrang.

Nach Gavazzi sind in Kroatien-Slavonien 9373 *qkm* (24 % des Landes) und nach Müllner im österreichischen Traungebiete 785 *qkm* (18.3 % des Gebietes) ohne oberirdischen Abfluß. Abflußlos sind von Australien 51.9 %, von Afrika 32.9 %, von Asien 30.6 %, von Europa 17.1 %, von Südamerika 6.6 % und von Nordamerika 4.4 % des betreffenden Festlandes. Über Areal- und Längenverhältnisse der Ströme hat v. Klöden eine Tabelle veröffentlicht. Endlich sei noch hingewiesen auf Strelbitzkys Messungen für Europa.

Eingehende Untersuchungen über die Dichte des Gewässernetzes in einem verhältnismäßig engbegrenzten Gebiete enthält eine Arbeit Neumanns: »Die Dichte des Flußnetzes im Schwarzwalde«.

Das Elbsandsteingebirge stellt eine geographische Einheit dar und zeigt eine ausgeprägte hydrographische Zentralisation. Es umfaßt einen Flächenraum von ca. 464 *qkm* und hat die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Hypotenuse, von 41 *km* Länge, gebildet wird durch die Linie: Bonnewitz bei Pirna — Dittersbach i. S. — Rathewalde — Hohnstein — Altendorf — Sternberg — Neu-Daubitz — Kreibitz. Die südliche Kathete, mit einer Länge von 32 *km*, verbindet die böhmischen Orte: Kreibitz — Tetschen-Bodenbach — Königswald, während die Westkathete, 29 *km*, von Königswald über Tyssa, Berggießhübel nach Pirna führt.

Der vergleichenden Betrachtung dienen die im Nordosten an das Quadersandsteingebiet angrenzenden Teile des Lausitzer Granitgebietes und das Zittauer Braunkohlenbecken. Jene umfassen die Gebiete der Kirnitzsch, Sebnitz und Polenz und bilden mit dem Quadergebiete rechts der Elbe eine hydrographische Einheit. Die Untersuchungen im Zittauer Tertiärbecken erstrecken sich auf das Neißegebiet von Grottau bis Hirschfelde und auf die angrenzenden Areale der Mandau, des Landwassers und des Kipperbaches.

Bezüglich der Methoden der Arbeit bemerkt Dr. Feldner folgendes: »Die einfachste Art und Weise, ein Bild von der Dichte des Flußnetzes zu geben, ist die von Penck angewandte, alle zwischen einmündenden Nebenläufen liegenden Teilstrecken der Flüsse und Bäche zu messen. Die Flußdichte ist umso größer, je kleiner diese Strecken sind. Einen Durchschnittswert für die Flußdichte innerhalb eines bestimmten Gebietes findet man, wenn die Gesamtlänge aller Teilstrecken durch deren Anzahl dividiert wird.

Eine andere Darstellungsweise der Flußdichte wendet Neumann in der schon genannten Arbeit an. Nach Neumanns Begriffsbestimmung ist »die Flußdichte der Quotient aus der Länge aller natürlichen Wasserläufe des betreffenden Flußgebietes durch das Areal desselben«.

Beide Methoden kommen auch in dieser Arbeit zur Anwendung; sie vermögen aber nicht, ein vollständig zutreffendes Bild von der Verteilung der Wasserfäden über ein Landgebiet zu geben. Bei der zuerst genannten Darstellungsweise kommen die so wichtigen Gebiete der Wasserscheiden überhaupt nicht in Betracht. Es fehlt hierbei ganz die so wichtige Beziehung zur Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes. Die 2. Darstellungsweise ist zwar vollkommener, denn die hier gewonnenen Relativwerte beziehen sich auf die ganze untersuchte Fläche; sie sind aber immerhin nur Durchschnittsgrößen, deren Bedeutung für das so wichtige Detailstudium nicht ausreicht. Die nach der 2. Methode gefundene Flußdichte wird nun, ohne Rücksicht auf die verschiedene Bewässerung beider Teilgebiete, den durchschnittlichen Wert für die Gesamtfläche angeben. Diese Ungenauigkeit kann auf ein geringes Maß zurückgeführt werden, wenn man die Hauptgebiete in möglichst kleine Teilflächen zerlegt. Dies geschah auch in vorliegender Arbeit.

Zu einer genauern Darstellung der Flußdichte ist noch ein 3. Verfahren möglich. Die Größe der einzelnen Bodenflächen, die von Wasserfäden umsponnen werden, also der Flächeninhalt der Maschen des Gewässernetzes, wird gemessen. Diese Flußnetzmaschen stellen Halbinseln dar, deren offene Seiten nach der Wasserscheide zu gelegen sind. Es erscheint nun unnatürlich, die Maschen an dieser Seite durch die Wasserscheiden abzugrenzen; vielmehr werden erstere durch direkte Verbindungslinien zwischen den Quellpunkten geschlossen. Die abflußlosen Gebiete der Wasserscheiden können so an die Nachbargebiete ungezwungen angegliedert werden.

Die wechselnde Größe der einzelnen Flußnetzmaschen ist der Ausdruck für das Dichteverhältnis. Die Flußdichte ist umso größer, je kleiner die Flußnetzmaschen sind.«

Als Resultat ergibt sich, daß die Darstellung der Flußnetzmaschen am deutlichsten die auffallenden Gegensätze in der Flußdichte der kleinsten Gebiete erkennen läßt. Besonders scharf tritt der Unterschied zwischen dem Lausitzer Granitgebirge auf der einen Seite und dem Elbsandsteingebirge und Zittauer Becken auf der andern Seite in der Weise hervor, daß die größte Flußnetzmasche im erstgenannten Areale 1,250 *qkm* mißt, während der größte Teil der beiden andern Gebiete aus Maschen von 1—36.712 *qkm* Flächeninhalt zusammengesetzt ist. Am auffälligsten tritt der Unterschied in der Größe der Flußnetzmaschen dort zutage, wo Lausitzer Granitgebirge und Quadergebiet aneinander grenzen.

Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Das auf staatliche Veranlassung begonnene und durchgeführte Unternehmen einer eingehenden hydrographischen, wasserwirtschaftlichen und wasserrechtlichen Darstellung der einzelnen Hauptstromgebiete Preußens ist nunmehr beendigt mit der Publikation über die Weser und Ems, welche letztere in 4 Bänden, 1 Tabellenband und einem Atlas von G. Keller herausgegeben vorliegt.[1]) Wie gelegentlich des Erscheinens der Werke über Rhein, Elbe und Oder, so wird nachstehend auch über die allgemeinen geographischen, geologischen und hydrographischen Verhältnisse der beiden Ströme Weser und Ems gemäß den Darlegungen des genannten Werkes hier berichtet.

In orographischer Beziehung zerfällt das Gebiet der Weser und Ems in 2 Hauptabschnitte, von denen der erste zur mitteldeutschen Gebirgsschwelle gehört, welche nicht nur die Berglandschaften Mitteldeutschlands, sondern auch diejenigen Norddeutschlands, wie den Harz, die Wesergebirge und andere umfaßt. Der 2. Hauptabschnitt liegt im norddeutschen Flachlande, dem sich naturgemäß die zur Ems entwässernden kleinen Moorteile Hollands anschließen. Auch in geologischer Beziehung ist diese Einteilung eine gut begründete. Während die Gesteine der mitteldeutschen Gebirgsschwelle vorwiegend paläozoischen, mesozoischen oder tertiären Alters sind, ist fast das ganze Flachland von mächtigen diluvialen und alluvialen Ablagerungen bedeckt.

Der höchste Pnnkt des Emsgebietes, auf der Wasserscheide unweit der Emsquelle und des hydrographischen Knotenpunktes zwischen Ems-, Weser- und Rheingebiet gelegen, hat + 393 *m* Meereshöhe. Im Wesergebiete dagegen, dessen größerer Teil auf der mitteldeutschen Gebirgsschwelle liegt, reicht mehr als die Hälfte über die + 100 *m*-Linie, und der höchste Punkt, der Brocken (+ 1142 *m*), der ebenfalls auf der Wasserscheide, aber weitab von den Quellen der Werra und Fulda, ja noch nördlicher als die Vereinigung dieser Flüsse liegt, hat fast die dreifache Höhe wie jener des Emsgebietes.

In dem Gesamtgebiete der beiden Ströme sind Vertreter der ganzen in Deutschland bekannten geologischen Formationsreihe vorhanden. Die paläozoischen Formationen treten hauptsächlich im Harze, im Thüringerwalde und im rheinisch-westfälischen Schiefergebirge auf. Die ältesten

[1]) Berlin, Verlag von Dietrich Reimer.

Schichten, die dem Kambrium und der Silurformation angehören, kommen nur in geringer Ausdehnung vor. Größern Anteil an der Bildung der Oberfläche hat die Devonformation. Die Schichten dieser ältesten Formationen sind hier durchweg Meeresabsätze. Die Steinkohlenformation dagegen besteht sowohl aus marinen wie aus terrestern Bildungen; jedoch nehmen die erstern den größern Raum ein, wogegen die letztern, das produktive Karbon, nur in der Umgebung Osnabrücks zutage treten. Zur Zeit der Ablagerung der auf das Karbon folgenden Formation traten in dem hier behandelten Gebiete große Umwälzungen in der Erdrinde ein; während die untere Abteilung der Dyas, das Rotliegende, sich noch in regelmäßiger Weise auf den ältern Schichten ablagert, legt sich die jüngere Abteilung, der Zechstein, diskordant auf. Vorwiegend wohl der leichten Zerstörbarkeit seiner Gesteine wegen, hat der Zechstein keinen sehr großen Anteil an der Bildung der Oberfläche. Großen Raum nimmt dagegen die Trias in dem Lande zwischen den obenerwähnten aus paläozoischen Gesteinen bestehenden Gebirgen ein.

Die Trias besteht aus den 3 Gliedern: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper. Die Hauptmasse des Buntsandsteins besteht, dem Namen entsprechend, vorwiegend aus Sandstein; nur die oberste Abteilung, der Röt, wird aus Mergeln und weichen, stark tonhaltigen Sandsteinen gebildet. Während die beiden untern Abteilungen in ihren Verwitterungsprodukten einen sandigen, durchlässigen Boden bilden, der vorwiegend Waldungen trägt, entsteht aus den Gesteinen des Röt ein schwer durchlässiger, guter Ackerboden. Bei dem Muschelkalke, ebenfalls dem Namen entsprechend vorwiegend aus Kalkgestein zusammengesetzt, ist die mittlere Abteilung diejenige, welche infolge ihrer tonigen Schichten Undurchlässigkeit zeigt, und den bessern Ackerboden liefert unter der im Gebirge gewöhnlich zutreffenden, auch für den Röt gültigen Voraussetzung, daß das Wasser den nötigen Abfluß hat. Wechselvoller ist meist die Zusammensetzung des Keupers, aus Mergeln, Letten, Sandsteinen, Kalken und Gips bestehend.

Auch in der Juraformation, die zwar im Gebiete weit verbreitet ist, aber doch nicht in so ausgedehntem Maße an der Bildung der Oberfläche teilnimmt, befindet sich ein großer Wechsel in den Gesteinen. Ton, Eisenstein, Kalk, Mergel, Dolomit und Sandstein sind die Hauptgesteine. Für die Wasserverhältnisse sind insbesondere die Tone, die hauptsächlich in der untern Abteilung, dem Lias, vorkommen, wegen ihrer Undurchlässigkeit von Wichtigkeit, namentlich in der Gegend zwischen dem Tentoburgerwalde und Wiehengebirge. Im allgemeinen sind die Gesteine des Lias weicher und leichter zerstörbar als diejenigen des Braunen und des Weißen Jura.

Gegen Ende der jurassischen Zeit zog sich das Meer, dessen Sedimente die Gesteine der ältern Formationen bildeten, aus einem Teile des hier in Frage kommenden Landes zurück; daher finden sich zwischen Jura und Kreide wieder vorübergehend terrestrische Bildnngen, Kohle und Süßwassersedimente, eingeschaltet, die als Wealden oder Wälderformation bezeichnet werden. Der Deister, die Rehburger Berge sind z. B. aus solchen Gesteinen aufgebaut. Während der Kreidezeit traten erneut größere Umwälzungen ein, infolge deren wieder marine Ablagerungen diejenigen des Wealden bedeckten. Unter den mannigfaltigen Gesteinen herrschen im Hils und Gault, die man als Untere Kreide zusammenfaßt, Sandstein, Ton und Mergel vor, während in der Obern Kreide, im Cenoman, Turon, Senon, verschiedenartige Kalke den größten Anteil an der Zusammensetzung haben. — Im Tertiär wechseln mehrfach marine und terrestre Bildungen; erstere sind vorwiegend Sande und Tone, letztere Braunkohlen; daneben besitzen im Wesergebiete die eruptiven Basalte große Bedeutung besonders im Vogelsberge und in der Rhön.

Der Wechsel zwischen marinen und terrestren Ablagerungen erlangt mit Beginn der Diluvialzeit eine Bereicherung, da nunmehr Ablagerungen des Inlandeises und seiner Schmelzwasser hinzutreten. Seit dem Beginne

der 80er Jahre ist man zu der wohl begründeten Überzeugung gekommen, daß eine mächtige Eisdecke bis in die Täler unseres Mittelgebirges hinein vorgedrungen ist und das Flachland unter sich begraben hat, nachdem vorher bereits ihr Schmelzwasser über dasselbe fortgeströmt, und der in ihm enthaltene Schutt als Sand und Ton abgesetzt worden war. Für die östlicher gelegenen Teile Norddeutschlands ist man genötigt, eine mehrmalige Eisbedeckung anzunehmen; in den zu Weser und Ems gehörigen Gegenden hat man jedoch bislang nur Spuren einer einmaligen Vereisung gefunden. Neben den Ablagerungen des Schmelzwassers beim Vor- und Rückgehen des Eises erlangen die Moränen große Bedeutung, insbesondere der Geschiebelehm und Geschiebesand, sowie die stellenweise vorhandenen Anhäufungen von mächtigen Blöcken. In den südlichern Gegenden, die von der glazialen Ablagerung nicht erreicht wurden, gelangte während dieser Zeit der Löß zur Ablagerung, ein schwach toniger Lehm, der vielfach die Gehänge der Täler bedeckt. Die Jetztzeit oder Alluvialperiode, welche mit dem Diluvium als Quartär zusammengefaßt wird, setzt an dem Zeitpunkte ein, als die Wirkung der nordischen Eismassen sich im deutschen Flachlande nicht mehr bemerkbar machte, als selbst ihr Schmelzwasser dasselbe nicht mehr erreichte, und die einheimischen Gewässernetze, unbeeinflußt durch jene fremden nordischen Wassermassen, sich in ihrer heutigen Gestalt ausbilden konnten. Reste diluvialer Wasserläufe finden sich auch im Gebiete der Weser, und zwar gehören hierher jene Niederung, die im Drömling von der Wasserscheide zwischen Aller und Elbe überschritten wird, und das breite Tal des Oscherslebener Bruches, das die Harzer Vorberge von Westen nach Osten durchzieht. Im allgemeinen weist das Flachland im Westen weniger solch langgestreckte breite Rinnen auf wie die Gegend östlich der Elbe; vielmehr traten an deren Stelle ausgedehnte Ebenen von unregelmäßigem Umrisse und mit mehrfachen Ausgängen. Als Ablagerungen der Jetztzeit kommen in Frage: die Sedimente der Flüsse, der Torf der Moore und der Sand der Dünen. Alle drei nehmen im Weser- und Emsflachlande verhältnismäßig großen Raum ein.

1. Die Weser. Die Weser, aus der Vereinigung von Werra und Fulda entstehend, wurzelt in der Mitte Deutschlands und bleibt ebenso wie die Ems in ihrem ganzen Laufe auf deutschem Boden. Das Gebiet beider Flüsse hat eine Größe von 58030 *qkm*, wovon auf die Weser 45548 *qkm* entfallen.

Der Hauptquellfluß der Weser ist die Werra und deren Hauptquellbach die »Trockene Werra« oder Saar, die in + 780 *m* Höhe unter 50° 28′ nördl. Br. und 28° 42′ 20″ östl. L. etwa 10.5 *km* ostnordöstlich vom Eisfeld entspringt.

Dafür, daß die Werra das erste Anrecht hat, als Hauptquellfluß der Weser zu gelten, sprechen hauptsächlich die an den Namen geknüpften historischen Überlieferungen, da Werra und Weser nur mundartlich verschieden entwickelte Formen desselben Wortes (Wisaraha, Wirraha) sind. Auch verfolgt die Weser unterhalb Münden zunächst dieselbe Richtung, die vorher von der Werra eingeschlagen worden ist, und deren Länge ist beträchtlich größer als die der Fulda. Unter gewöhnlichen Verhältnissen führt sie etwa gleich viel Wasser ab wie die Fulda, obgleich ihr Niederschlagsgebiet fast $^1/_4$ kleiner ist; nur bei Hochwasser bringt die Fulda eine bedeutend größere sekundliche Abflußmenge und übernimmt die Führung der Flutwelle in der Weser. Beide Flüsse können als annähernd gleichwertig gelten, und wir folgen dem heutigen Sprachgebrauche, indem wir als Anfangspunkt der Weser ihren Zusammenfluß ansehen, die Gebietsflächen der beiden Geschwisterflüsse aber als gemeinsames Quellgebiet des Weserstromes betrachten.

Der Teil der Weser vom Vereinigungspunkte der Werra und Fulda bis zum Austritte aus dem Mittelgebirge heißt von jeher Obere Weser. Der Teil bis zur Einmündung der Aller kann füglich als Mittlere Weser und der unterhalb befindliche als Untere Weser bezeichnet werden, während die Bremer nur den im Gebiete der Ebbe und Flut liegenden Teil der Weser

als Unterweser und den ganzen Binnenstrom als Oberweser bezeichnen. Die beiden größten Nebenflüsse der Obern Weser sind die aus dem rheinisch-westfälischen Schiefergebirge stammende Diemel und die nahe beim Teutoburgerwalde entspringende Werre. Das mittlere Wesergebiet umfaßt die Gebietsflächen aller teilweise noch aus dem Mittelgebirge kommenden Wasserläufe des Flachlandes, die sich oberhalb der Allermündung in die Weser ergießen. Während rechts durch die Nähe der Leine das Gebiet schmal ist, besitzt links namentlich das Gewässernetz der Großen Aue eine reiche Gliederung und ansehnlichen Flächeninhalt. Beträchtlich umfangreicher ist das Untere Wesergebiet, dessen namhafte Wasserläufe jedoch erst in die der Tideerscheinung unterliegende Strecke des Weserstromes unterhalb Bremen münden, so auch die vom Wiehengebirge kommende Hunte, die von Oldenburg ab ein Tidefluß ist. Die Gebietsflächen der Flüsse, die sich zur Aller vereinigen, zeigen auf etwas engerm Raume ähnliche Gegensätze, wie sie zwischen dem Weserquellgebiete und Obern Wesergebiete einerseits, dem Mittlern und Untern Wesergebiete anderseits bestehen. Die Leine mit der Innerste und die Oker sind Abkömmlinge des Gebirges und unterscheiden sich wesentlich von der dem Flachlande angehörigen Aller. Schon in der Niederung des Drömlings, wo Oberlauf und Mittellauf der Aller sich gegeneinander abgrenzen, gewinnt der Fluß die Eigenart der Flachlandgewässer in so hohem Grade, daß auch die weiter unterhalb links mündenden Nebenflüsse aus dem Gebirgslande hieran nichts ändern können, zumal diese selbst bereits vorher in das Flachland eingetreten sind, und die rechtsseitigen Zuflüsse sämtlich dem Flachlande entstammen. Als Unterlauf der Aller gilt zweckmäßig die schiffbare Strecke von Celle abwärts.

Die Werra erhält im Mittellaufe ihren größten Zuwachs durch die Hörsel und später durch die Frieda. Der 2. Quellfluß der Weser, die Fulda, entsteht an der Hohen Rhön durch die Vereinigung mehrerer kleiner Bäche, von denen der Hauptquellbach (im Fuldabrunnen) bis + 855 *m* hinaufreicht. In ihrer ganzen Länge ist die Fulda mit Ausnahme des geräumigern Talkessels bei Kassel mehr oder weniger tief in den Buntsandstein der von ihr durchflossenen Berg- und Hügelzüge eingeschnitten. Die Talwände, die teils sanfte, teils schroffe Hänge aufweisen, nehmen flußabwärts im allgemeinen an Höhe zu und steigen in dem engen Tale der untersten Strecke zu den Kuppen der naheliegenden Höhen bis zu 180 *m* auf. In den zahlreichen Schleifen, die darauf hinweisen, daß es sich um ein Erosionstal handelt, sind die einspringenden Talwände meist steil, die vorspringenden aber meist flach geböscht. Im Mittellaufe, der bis zu dem größten Zuflusse der Fulda, der Eder, reicht, wie auch in der obersten Strecke des Unterlaufes bis Kassel hin verändert sich die Breite des Talkessels wiederholt, bei Kassel selbst besitzt die im Tale eingebettete Alluvialniederung eine Breite von 2—3 *km*. Gleich unterhalb, bei Wolfsanger, tritt die Fulda in ein Engtal, das schließlich in den 1 *km* breiten Mündener Talkessel übergeht, in dem sich Werra und Fulda zur Weser vereinigen.

Von Münden aus nimmt der Strom, welcher jetzt den Namen Weser führt, zunächst seinen Weg in nordnordwestlicher Richtung, umgeht dann aber bald den vortretenden Solling mit scharfem Doppelknick auf der Westseite. Nach einem kurzen nach Norden gerichteten Laufe schwenkt er darauf aber, durch die Richtung der vom Harze herüberstreichenden Bergzüge veranlaßt, in einem weit ausholenden Bogen mit ziemlich gleichmäßiger Krümmung allmählich in westliche Richtung herum. Der Bogen endet kurz vor der Weserscharte, durch die der Strom nach wiederholten kurzen Biegungen nach Osten nordwärts in das Flachland eintritt. Die Stromentwicklung beträgt auf der 198.6 *km* langen Strecke im Verhältnis zur Luftlinie 86.0%, ist aber in einzelnen kürzern Strecken noch größer. Die Talentwicklung oberhalb Veltheim wird dadurch bedingt, daß der Strom hier nicht einem selbstgebildeten Wege, sondern den Spuren eines vorgeschichtlichen Stromes folgt. Schroffe Richtungsänderungen kommen

nicht nur in weitausholenden Schleifen, sondern auch in kürzern Biegungen vor; indessen gehen hierbei die Halbmesser der Stromkrümmung selten unter 200 *m* hinunter. Stromspaltungen kommen nur an wenigen Stellen vor und sind hier meist durch Ablagerungen schwerer Geschiebe, die entweder von den Talwänden unmittelbar oder durch wildbachartige Seitengewässer in den Strom gelangt sind, entstanden. Auch die Stromspaltung bei Hameln ist wahrscheinlich dadurch verursacht, daß der Strom durch die Schuttablagerung der Hamel hart gegen den Klütberg gedrängt worden ist.

Das Stromtal ist an der Obern Weser überall, auch wo es sich niederungsartig erweitert, von deutlich ausgeprägten Talwänden begrenzt, die nur an der Einmündung von Seitentälern durch mehr oder minder breite Einsenkungen unterbrochen werden.

Die ursprünglich vorhanden gewesene Breite des Stromes ist durch den Ausbau verwischt worden; man kann sie jetzt nur noch schätzen nach der Breite zwischen den Uferrändern, die sich inzwischen nur wenig verändert hat. Diese ergibt sich im Mittel für die Strecke bis Karlshafen zu etwa 100 *m*, von da bis zur Emmermündung zu etwa 120—130 *m* und weiter unterhalb zu ungefähr 130—140 *m*.

Das Gebiet der Mittlern Weser umfaßt das Einzugsgebiet aller Seitenzuflüsse der Weser, die zwischen der Weserscharte und der Allermündung hinzutreten. Es gehört fast vollständig dem Flachlande an. Nur im Süden wird es von größern Erhebungen begrenzt, und zwar östlich der Weser durch die Weserkette und westlich des Stromes durch das Wiehengebirge; davor breitet sich im Osten das Aller-Weserflachland aus, in dem nur einzelne geringe Erhebungen vorhanden sind, und im Westen die Minden-Diepholzer Ebene, die im Norden durch die nordwestdeutsche Bodenschwelle abgeschlossen wird.

Das weite Flachland von der Weserscharte ab durchfließt die Weser in nordnordöstlicher Richtung fast in der ganzen Länge des hier in Betracht stehenden Gebietes. Erst in der Nähe von Hoya biegt der Strom nach Nordwesten um, wendet sich dann aber scharf nach Norden und bleibt in dieser Richtung bis zur Einmündung der Aller. Trotz dieses nur wenig von der die Endpunkte verbindenden Luftlinie abweichenden Laufes besitzt der Strom auf der ganzen hier betrachteten Strecke eine sehr starke Entwicklung, die bei 128.3 *km* Lauflänge und 79.8 *km* Entfernung in der Luftlinie 60.8% beträgt.

Eine ausgeprägte Talbildung findet sich an der Mittlern Weser nur auf der obersten Strecke bis unterhalb Ovenstädt. Dann verflacht sich das Tal, indem es sich nach beiden Seiten zu weiten Ebenen ausdehnt; erst unterhalb Liebenau, wo auf der linken Seite die nordwestdeutsche Bodenschwelle bis an die Weser herantritt, ist wieder eine schärfere Begrenzung des Tales bemerkbar. Der Boden innerhalb der Talstrecke bis Ovenstädt besteht fast durchweg aus Lehm, dessen Zusammensetzung aus Ton und Sand stark wechselt. Auch weiter unterhalb findet sich vielfach tiefgründiger, fruchtbarer Lehmboden. Unter diesen nicht unter 1.5 *m* mächtigen Lehmschichten ist feinsandiger Grand vorhanden, der aber in der Tiefe allmählich gröber wird; nur selten reicht indessen der Lehm bis zum Niedrigwasserspiegel abwärts. Anderseits bestehen die hochwasserfreien Ufer unterhalb Schlüsselburg gewöhnlich aus Sandboden. Die Stromsohle ist meist mit wandernden Geschieben bedeckt; nur an einzelnen Stellen sind ältere Bildungen vertreten; so sind bei Schlüsselburg dunkle Tone der Kreideformation vorhanden. Die Ablagerungen der Eiszeit sind meist ausgewaschen; eine bedeutende Anhäufung von Geschieben bilden die Liebenauer Steine, mehrere aus grobem Geschiebe bestehende Riffe, die aber zur Verbesserung der Schiffahrtsstraße schon teilweise beseitigt worden sind.

Die Aller ist der Hauptnebenfluß der Weser. Sie entspringt auf den Helmstedter Höhen in Eggenstedt, durchfließt auf ihrer obersten Strecke die Ausläufer der Harzer Vorberge, tritt dann aber bei Öbisfelde vollständig

in das Flachland ein, indem sie hier nach Nordwesten umschwenkt und nunmehr ohne wesentliche Änderung dieser Richtung der Weser zufließt, die sie unterhalb Verden erreicht. Trotz dieser einfachen Grundrißgestaltung ist die Entwicklung des Flußlaufes nicht unbedeutend; sie beträgt für den ganzen 262.9 *km* langen Fluß bei einer Entfernung zwischen Quelle und Mündung in der Luftlinie von 171.0 *km* 53.7 %.

Das Tal der Aller ist nur an ihrem Oberlaufe enger; doch sind auch hier die Talwände im allgemeinen nicht steil geböscht. Nach Eintritt des Flusses in das Flachland breitet sich das Tal weit aus, namentlich nach Süden zu, wo es ganz allmählich in die Harzer Vorberge übergeht. Im Norden wird das Tal durch die Lüneburger Heide begrenzt, die aber mit ihren Abhängen meist nicht bis an den Fluß heranreicht, da sich hier am Fuße der Heide ausgedehnte Moore binziehen. Nur an wenigen Stellen treten einzelne Ausläufer bis hart an den Fluß heran und bilden dann hier steil abfallende Hochufer. Im Mittel- und Unterlaufe werden die Ufer vielfach von dünenartigen, sandigen Erhebungen begleitet, die im Anfange ziemlich nahe am Flusse bleiben, nach der Mündung hin sich aber mehr von ihm zurückziehen.

Das Bett der Aller ist in ihrem Oberlaufe in leichtem Lehm- oder Sandboden eingeschnitten; da aber die lehmigen Bestandteile vom Wasser leicht ausgewaschen und fortgeführt werden, besteht die Sohle des Bettes hier meist aus Sand. Nach dem Eintritte des Flusses in den Drömling durchschneidet er Moorboden; doch findet man auch hier auf der Sohle Sand, der aus den obern Strecken hineingetrieben ist. Weiter unterhalb, wo der Talboden sandig wird, bestehen auch Sohle und Ufer meist aus Sand; doch ist hier auch Kies vorhanden, der durch die Nebenflüsse, namentlich durch die Oker, zugeführt wird.

Der bedeutendste Zufluß der Aller ist die Oker, deren Hochfluten bisweilen nicht unbeträchtliche Anschwellungen in der Aller hervorrufen. Als eigentlicher Quellbach der Oker kann die Große Oker angesehen werden, die am Fuße des Bruchberges im Oberharze in + 839 *m* Höhe entsteht. Indessen wird dieser Quellbach sehr bald durch den Dammgraben abgefangen, der das Wasser einer Anzahl kleinerer Wasserläufe aufnimmt und zu einer größern Zahl von Sammelteichen, die im Gebiete der Innerste liegen, führt, von denen aus es dann in den dort vorhandenen Bergwerk- und Hüttenbetrieben zur Verwendung gelangt. Die Große Oker vermag daher nur bei stärkern Regenfällen Wasser an die unterhalb gelegenen Strecken abzugeben.

Im allgemeinen nimmt die Oker schon in ihrer Harzstrecke die Nordrichtung auf, die sie später, ohne wesentlich von der Luftlinie abzuweichen, auch beibehält. Trotzdem sie viele kleinere und größere Biegungen im einzelnen macht, ist deshalb ihre Entwicklung nicht gerade sehr erheblich; sie beträgt für den ganzen 125.2 *km* langen Lauf 49.9 %. Außerordentlich stark ist das Gefälle des Flusses im Oberlaufe, noch stärker aber in einzelnen kürzern Strecken. Auch in dem Vorlande des Harzes ist es zunächst noch immer recht beträchtlich, vermindert sich aber später erheblich. Im Harze ist das Okertal schmal und von steilen Wänden eingefaßt; dabei nimmt die Tiefe desselben nach dem Harzrande zu, so daß die Talsohle hier stellenweise bis zu 400 *m* unter den benachbarten Kuppen liegt. Nach dem Austritte aus dem Harze erweitert sich das Tal sofort erheblich und flacht sich auch ganz bedeutend aus. Die Sohle ist hier mit Schottermassen bedeckt, die der Fluß aus der Harzstrecke mitgeschleppt hat. Weiterhin in den Harzer Vorbergen weitet sich das Tal mehr und mehr aus und geht bald unterhalb Braunschweig völlig in die Ebene über. Das Flußbett ist dabei im Harze meist in das feste Gestein eingeschnitten und mit gröberm Gerölle, das von den steilen Hängen des Tales herabgerollt ist, übersät. In der folgenden flachern Strecke liegt das Bett durchgehends in Schotterablagerungen, in denen es sich vielfach verzweigt, auch mancherlei Veränderungen ausgesetzt ist. Unterhalb Vienenburg nehmen die Ablagerungen

an Umfang und Größe der Geschiebe ab, und bald darauf bewegt sich der Fluß in aufgeschwemmtem Boden.

Der Lauf der Untern Weser ist wesentlich vorgezeichnet durch das rechtsseitige Höhenland der Lüneburger Heide und ihrer Ausläufer, die sich als Geestrücken mehrfach bis an den Strom heranziehen und ihn auf längern Strecken begleiten. Der Weserlauf nimmt hier von der Mündung der Aller ab die nordwestliche Richtung auf, die dieser bedeutendste Nebenfluß in seiner untersten Strecke hat. Erst bei Elsfleth wendet sich die Weser nach Norden und nimmt ihren Weg in dieser Richtung nach der Nordsee zu. Von Geestemünde ab, wo der Strom zuletzt den Rand des Geestlandes berührt, fließt er schließlich in einem durch die Wirkung von Ebbe und Flut mächtig erweiterten Bette durch das Wattenmeer als Außenweser nach Nordwesten in das freie Meer hinaus. Die Laufentwicklung des Stromes von der Allermündung ab ist beträchtlich geringer als in der vorhergehenden Strecke des Flachlandes. Die Krümmungsverhältnisse sind in dem obern Abschnitte bis zur Tidestrecke nicht wesentlich anders als an dem oberhalb gelegenen Laufe des Stromes; auch hier finden sich noch scharfe Ausbuchtungen, deren Halbmesser nicht selten bis auf 250, ja 200 *m* hinabgehen. Im Tidegebiete finden sich dagegen nur noch an einzelnen Stellen oberhalb Bremen Stromkrümmungen mit etwa 400 *m* Halbmesser, während unterhalb Bremen die Halbmesser nicht unter 1000 *m* hinabgehen. Das Gefälle des Stromes, das schon an der Mittlern Weser stromabwärts allmählich mehr und mehr abnahm, wird unterhalb der Allermündung noch geringer; während es für die ganze Mittlere Weser bei Mittelwasser im Durchschnitte 0.230‰ (1:4348) betrug, sinkt es an der Untern Weser oberhalb des Tidegebietes bis auf durchschnittlich 0.188‰ (1:5308).

Der größte Nebenfluß der Untern Weser ist die Hunte. Sie entsteht auf der Südseite des Hauptzuges des Wiehengebirges, zwischen diesem und dem südlich davor gelagerten Osnabrücker Höhenlande bei O.-Holsten aus mehrern Quellbächen, von denen der Hauptbach in + 170 *m* Höhe entspringt. Der aus der Vereinigung der Quellbäche hervorgehende Wasserlauf nimmt zunächst seinen Weg nach Osten parallel zum Zuge des Wiehengebirges, wendet sich aber bald nach Norden und durchbricht dieses in einem engen, schluchtartigen Tale. Die nordnordwestliche Richtung, mit der die Hunte aus diesem Durchbruchstale heraustritt, behält sie im allgemeinen bis in die Gegend von Bohmte bei; hier macht sie zunächst eine scharfe Biegung nach Westen, biegt dann aber rechtwinklig nach Norden um und fließt in dieser Richtung dem etwa 15 *qkm* großen Dümmersee zu, aus dem sie auf seiner Nord- und Ostseite mit mehrern Armen austritt. Abgesehen von vielen kleinern Wasserläufen, sind es folgende 4 Hauptläufe, mit denen sie den See verläßt: die Alte Hunte (Wäteringe), die Lohne, die Grawiede und der Omptedakanal. Wahrscheinlich ist früher die Alte Hunte der einzige größere natürliche Abzug des Sees gewesen; nichtsdestoweniger haben die künstlich hergestellte Lohne, die den Flecken Diepholz durchfließt, und Grawiede jetzt für die Wasserabführung mehr Bedeutung. Nach und nach vereinigen sich die Arme wieder miteinander, so daß der Fluß von unterhalb Heede, nördlich von Diepholz wieder in einem einheitlichen Bette fließt. Bald darauf wendet er sich aus der nordöstlichen Richtung, die er zuerst nach der Wiedervereinigung aller Arme hat, nach Nordwesten und durchfließt in dieser Richtung die nordwestdeutsche Bodenschwelle, sowie das nordwärts davon gelegene flache Gelände bis Oldenburg hin; hier wendet er sich in großem Bogen nach Ostnordost und erreicht in dieser Richtung die Weser jenseits der Tidegrenze bei Elsfleth.

Unterhalb der Allermündung, bei Achim, beginnt eine schmale Dünenzunge zwischen Weser- und Wümmeniederung, die zwischen Dünen mit Deichen und hochwasserfreien Dämmen abgeschlossene Einsenkungen aufweist, die mit den benachbarten Marschen in gleicher Höhe liegen. Auf einer Verbreiterung des Dünengeländes ist die Stadt Bremen erbaut worden,

zwar mitten in ehemals sumpfigen Niederungen, aber doch an der für den Verkehr bestgeeigneten Stelle, da hier das linksseitige Höhenland dem rechtsseitigen Sandstreifen ziemlich nahe kommt und wegen seines flachen Anstieges zur Herstellung von Verkehrswegen gut geeignet erscheint.

Das ganze Gebiet hier war in der Vorzeit eine Meeresbucht, und noch vor wenigen Jahrhunderten führten einige Mündungsarme der Weser nach dem Jadebusen. Auch läßt das starke Talgefälle bei Bremen vermuten, daß hier das von den Schwankungen des Meeres abhängige Mündungsbecken des Stromes seit langer Zeit sein oberes Ende gefunden hat; am Fuße des vom Binnenstrome geschütteten Schuttkegels begann hier seewärts das eigentliche Delta. Wahrscheinlich hat die Weser, als ihre innere Deltabildung derartig weit vorangeschritten war, daß sie einen kräftigen Hauptarm schaffen konnte, diesen zunächst auf dem kürzesten Wege nach dem äußern Mündungsbecken, d. h. nach der bei Bremen beginnenden Nordseebucht, längs der linksseitigen Talwand hergestellt. Die vom Hauptkanale der Bruchhausen—Syker Melioration durchzogene Bodensenke, das Bruchgelände bis zur Ochtum und an diesem Wasserlaufe entlang würde dann den Zug des ursprünglichen Weserbettes anzeigen, dem noch in den 40er und 50er Jahren zuweilen ein namhafter Teil des Weserhochwassers gefolgt ist. Aller und Weser flossen damals bis in die Gegend von Bremen getrennt und vereinigten sich erst an der Südspitze jener Nordseebucht oder kurz zuvor. Je mehr die Ausfüllung dieser Bucht mit Marschinseln vor sich ging, umsomehr wurde der alten Weser die Weiterführung ihrer Geschiebe bis zum Meere erschwert und umso größer das Bestreben, aus ihrem hierdurch höher geschütteten Bette nach rechts auszubrechen, wo die minder geschiebereiche Aller in einem damals tiefer liegenden Teile der Niederung floß. So mag die Vereinigung von Weser und Aller nach Dreye und später nach jener breiten, offenbar lange Zeit von großen Wassermassen benutzten Bruchsenke, die jetzt von der Eyter durchzogen wird, verlegt worden sein. Hiermit war die Grenze des deutlich ausgeprägten Schuttkegels erreicht, und nunmehr waren die Hindernisse auf den zum Meere führenden Wegen überall gleich groß. Einige Zeit hindurch scheint der Hauptarm von Hoya nordwärts nach der Emte zur Aller geflossen zu sein, mit der er sich am Badener Berge vereinigte. Auch gegen Nordosten dürfte die Weser zeitweise ihren Lauf genommen haben, um bei Wahnebergen oberhalb Verden das Allertal zu erreichen. Gerade der südöstliche Teil der Niederung ist mit einem solchen Gewirr von Altläufen durchsetzt, daß hier gewiß sehr oft Verlegungen des Stromlaufes stattgefunden haben. Seine jetzige Lage hat er vermutlich erst eingenommen, nachdem die Geschiebeführung bereits viel geringer als früher geworden war, weshalb das hierdurch weniger als zuvor beanspruchte Arbeitsvermögen des Stromes in dem gefällreichen Hange des Schuttkegels überaus scharfe Schleifen ausnagte.

Immerhin brachten die Weser und Aller gemeinschaftlich genügende Massen von Sand und tonigen Sinkstoffen nach der vorher schon in Aufhöhung begriffenen untern Strecke des Oberlaufes (Baden—Bremen), um diese und den neben ihr liegenden Teil der Niederung auf der rechten Seite höher aufzulanden, als die linke Seite lag. Umgekehrt wie in der Vorzeit, bestand deshalb nun das Bestreben, von rechts nach links auszubrechen, und bei größern Hochfluten hat dies der Strom durch Rückstau in die Eyter und Abfluß nach der Ochtum auch öfters getan, zuletzt noch im März 1881. Hier war demnach wiederum eine größere Stromverlegung in Aussicht, als durch Anlage der Deiche der Zustand, wie er sich zufällig bis zur Zeit der Eindeichung entwickelt hatte, festgelegt und späterhin verteidigt wurde. Ebenso würde in der obern Strecke der Hoya—Bremer Niederung die Weser voraussichtlich nene Verschiebungen ihres Laufes erfahren haben, wenn nicht durch Eindeichung dem stetigen Wandel ein Ziel gesetzt worden wäre.

Mindestens ebenso große Veränderungen haben sich im äußern Mündungsbecken vollzogen, das vor Entstehung der Marschen und Moore zwischen

dem beiderseitigen Geestlande bis nach Bremen hinauf eine große Wasserfläche war. Allmählich entstanden dann aus den Anschwemmungen des Stromes und des Meeres umfangreiche Bänke, die am Rande der Mündungsarme infolge der reichlichen Schlickzufuhr höher anwuchsen, während sich in den zurückliegenden Teilen anfangs schwache Dargschichten und darüber die Hochmoore entwickelten. Schon in sehr alter Zeit eigneten sich diese Moore zu Niederlassungen vorzüglich, da ihre höhere Lage den Bewohnern der Marschinseln »eine gesicherte Stätte bot, wohin auch das Weidevieh gerettet werden konnte, wenn einbrechende Fluten das benachbarte niedrige, nur durch schwache Deiche geschützte Marschland überschwemmten; auch bot das Moor zugleich Gelegenheit, einigen Ackerbau zu treiben. So sind die ältesten Niederlassungen kranzartig auf der Grenze zwischen Marsch und Moor entstanden, und die Häuser wurden anfangs auf das Moor gebaut.« Die alten Mündungsarme sind durch ihre Klaiablagerungen zwischen den Mooren des Stad- und Butjadingerlandes zu erkennen und ihre Grenzen nach den teilweise noch erhaltenen alten Deichen derart zu bestimmen, daß Lasius eine Karte des Weserdeltas um das durch eine verheerende Sturmflut berüchtigte Jahr 1511 entwerfen konnte.

Bei Bremen beginnt das Gebiet der eigentlichen Marschen, die durch gemeinsame Wirkung des sinkstoffführenden Binnenstromes und der Meeresströmung entstanden sind. Uneigentlich werden an der Weser bis weit in das Binnenland hinein auch die aus tonigen und feinsandigen Ablagerungen des Stromes entstandenen Böden als Marschen bezeichnet. Der Boden der Unterwesermarschen besteht an der Oberfläche und oft bis zu großer Tiefe aus Klai oder aus einer meist schwachen Schicht von Moor, dessen Untergrund im Mündungsbecken der Weser gewöhnlich Klai bildet. Zwischen dem Klai nnd seinem sandigen Untergrunde lagert an vielen Stellen der sogenannte Darg, d. h. eine torfähnliche Verfilzung von Schilfpflanzen und Moosen, oder Knick, d. h. eine äußerst feste, völlig unfruchtbare Tonart. Der mit Kieselerde, Kalkteilen, Salzen und organischen Resten gemischte, vorzugsweise tonige Klai bildet den größten Teil des Marschlandes. Er ist sandiger, wo seine Ablagerung unter Einwirkung des den sandigen Meeresgrund aufwühlenden Wellenschlages stattgefunden hat, z. B. auf dem Mittelrücken des Butjadingerlandes von Tossens bis Blexen und im Marschlande bei Geestemünde. Er ist fetter, wo die Ablagerung an besser geschützten Stellen erfolgte, z. B. in den erweiterten Teilen der frühern Mündungsarme.

Moorboden findet sich hauptsächlich in den ehemaligen Hochmooren, die ehemals auf den Inseln des Mündungsbeckens entstanden waren, aber infolge der alten Kultur jetzt meistens wenig oder gar nicht höher als die angrenzenden Marschen liegen und vielfach mit einer mäßig starken Klaischicht bedeckt sind. »Seit dem Anfange des 18. Jahrhnnderts«, sagt Salfeld, »rückt man hier von den Rändern unausgesetzt mit einer Melioration nach dem Innern zu, welche man Wühlen (oder Umschießen) nennt. Überall, wo unter dem Hochmoore fruchtbare Klaierde lagert und genügende Entwässerung zu beschaffen ist, wird Jahr für Jahr der schwarze amorphe Torf zu Brennmaterial hergerichtet, der obere geringwertige Moostorf zurückgeworfen und dann durch Rigolen 0.45 *m* mit Klaierde bedeckt. Der Boden wird durch diese mühsame Arbeit in kurzer Zeit so fruchtbar, daß er in seinen Erträgen auf die Dauer dem besten Marschlande gleichkommt.« Unkultiviertes Hochmoor nimmt jetzt nur noch verhältnismäßig geringe Flächen des Mündungsbeckens ein.

Der weitaus größte Teil der Wesermarschen wird durch Deiche gegen Tidehochwasser und Sturmfluten geschützt; die Vorländer der beiderseits den Stromlauf begleitenden Deichzüge und der eingepolderten Inseln haben überall nur geringe Breite. Aber nicht allein diese Vorländer, sondern auch die eingedeichten Flächen dienen ganz überwiegend als Grünland, bloß in höhern Lagen ständig oder vorübergehend zum Ackerbau. Die uneingedeichten Uferländereien an der Unterweser, die weniger als etwa 0.1 *m*

über gewöhnlichem Tidehochwasser liegen, meistens junge Anschwemmungen, sind in der Regel mit Schilf oder Weidenbuschwerk bewachsen.

Die wichtigsten Abflußvorgänge bei der Weser werden in der in Rede stehenden großen Monographie sehr ausführlich unter Mitteilung vieler bis jetzt noch unveröffentlichter Daten besprochen. Hier kann nur das wichtigste kurz angeführt werden.

In der Gebirgsstrecke des Weserstromes nimmt seine Wasserfülle zur Niedrigwasserzeit erheblich mehr zu, als dem Zuwachse an Gebietsfläche entspricht. Die Speisung findet alsdann offenbar großenteils durch Quellen und Grundwasserströme statt, die in dem Strombette oder unmittelbar am Stromlaufe selbst und wohl auch an den untern Strecken einiger Seitengewässer hervortreten. Das bis zur breiten Rintelner Niederung vorwiegend in die meist durchlässigen Gesteine der Buntsandstein- und Muschelkalkformation tief eingeschnittene Wesertal wirkt gleichsam wie ein mächtiger Sickergraben auf das angrenzende Berg- und Hügelland. Alles dort in den Boden eingedrungene, dem offenen Abflusse verloren gegangene, der Verdunstung und dem Verbrauche durch den Pflanzenwuchs entzogene Wasser gelangt durch jene Quellen- und Grundwasserströme in die Weser, die es aufsammelt und dem Meere zuführt. In der Regel zeigt sich diese Speisung bis zum Herbste hin ausdauernd ergiebig, beginnt aber gegen Ende eines langen regenarmen Sommers allmählich abzunehmen, und zwar umso frühzeitiger, je schneeärmer der vorangegangene Winter war, oder wenn vor dem Schneefalle ein harter Frost den Boden undurchlässig gemacht und die Versickerung der Niederschläge gehemmt hatte.

Während also zur Niedrigwasserzeit die Abflußmenge der Obern Weser von ihrem Anfange bei Münden bis etwa zum Vlothoer Engtale und zur Werramündung in viel größerm Maße zunimmt als die Gebietsfläche, verhält sich die Vermehrung der Abflußmenge bei Hochwasser gerade umgekehrt und wächst in geringerm Maße. Am deutlichsten zeigt sich dies bei solchen Hochfluterscheinungen, deren Ursachen ziemlich gleichzeitig auf das ganze Niederschlagsgebiet einwirken, wie z. B. plötzlich eingetretenes Tauwetter nach vorheriger allgemein verbreiteter Schneebedeckung, oder wie z. B. starke Niederschläge von ungewöhnlich großer Ausdehnung, die im Weserstromgebiete fast nur in der winterlichen Jahreshälfte stattfinden. In solchen Fällen bringen die gefällreichen Nebenflüsse wegen ihres kurzen Laufes den Scheitel ihrer Flutwellen erheblich rascher in den Hauptstrom als die beiden Quellflüsse Werra und Fulda, in denen die Flutmassen längere Wege zurückzulegen haben. Wenn der Scheitel der von ihnen ausgehenden Welle an der Mündung eines Nebenflusses vorüberzieht, so pflegt gewöhnlich der Nebenfluß bereits im Fallen begriffen zu sein und vermehrt die dem höchsten Wasserstande, dem Scheitel der Flutwelle, zugehörige größte Abflußmenge nicht in solcher Weise, wie dies dem Flächeninhalte seines Gebietes entsprechen würde, sondern mit einem geringern Betrage.

In dem Zeitraume von 1841—1900 entfielen die meisten Hochwasser auf den Februar (26%), März (22%), Januar (16%) und Dezember (17%), keins auf den September und nur je 1% auf die Monate Juni, Juli und August. Von ältern Hochfluten blieb besonders das unheilvolle Ereignis von 1342 lange in schreckensvoller Erinnerung. Von jenem Jahre berichten »in allen Landen« zuverlässige Chroniken der deutschen Städte und Landschaften übereinstimmend von Dresden wie von Mainz, von Regensburg wie von Minden und von vielen andern Orten in den Gebieten des Rheines, der Donau, der Weser und der Elbe über verheerende Hochwasser. Die Zerstörung der Brücken zu Würzburg, Frankfurt, Bamberg, Regensburg und Dresden, sowie der Einsturz eines Teiles der Mainzer Stadtmauer bezeugt die unerhörte Gewaltsamkeit, mit der die Fluten überall hereinbrachen. Im Wesergebiete richtete schon die Werra arge Verwüstungen an »und warff der Stadtmauren oben zu Creutzburgk ein stuck nyder, das mann mit schiffen ynn die Stadt fuere, und thatt großen schaden«. In Münden hatten die

»Weser und Fulda«, wie die Inschrift an der Hochwassermarke sagt, die ganze Stadt mit Ausnahme der Höhe bei der Ägidienkirche mehrere Tage lang unter Wasser gesetzt, viele Häuser zum Einsturze gebracht und auch sonst viel Gut vernichtet. Kaum besser sah es in Hameln aus. In Minden drang nach dem ausführlichen Berichte eines Zeitgenossen, Heinrichs von Herford, das Wasser durch den Dom bis auf den Markt; es überstieg die hohe Weserbrücke und riß sie teilweise mit sich fort. Auf den Fluten sah man Hausrat aller Art, Vieh, Bäume und »große Häuser« hinabtreiben. Auch die kleinern Wasserläufe waren zu reißenden Strömen angeschwollen, z. B. die Bega bei Lemgo, wo die Stadtmauer überströmt und großer Verlust an Gebäuden, Vieh und Menschenleben angerichtet wurde, da die Überschwemmung mit großer Gewalt plötzlich eintrat. Wie eine Sturmflut des Meeres (»instar fluctuum maris undantes«) stürzten die Wassermassen über Fluren und Felder dahin und überstiegen die Mauern, die sich ihnen entgegenstellten; »muros, turres, portas et domos lapideas et pontes in totum subverterunt, lapides murorum et pontium ad spatia magna subvehentes et abducentes«. Das Unwetter, in dessen Folge die Hochfluten der Weser und anderer deutschen Ströme plötzlich entstanden, scheint unser ganzes Mittelgebirge fast genau gleichzeitig betroffen zu haben. Denn als Tag des Hochwassers wird für Erfurt der 21. Juli (Praxedis), für Kreuzberg und Minden der 22. Juli (Mariae Magdalenae) angegeben. Eine Aufzeichnung des Limburger Chronisten von 1360, die über eine Rheinhochflut »in den jairen uns herren 1342 up sente Jacobs dach« (25. Juli) berichtet, stimmt auf den Tag mit dem Gedenkverse seines Kölner Genossen überein: »In Jacobi festo magnae lymphae memor esto«.

An der Obern Weser und bis über Hameln hinaus war die Hochflut vom Juli 1342 zweifellos die höchste aller geschichtlich bekannten Hochfluten dieses Stromes. Leider ist über die meteorologischen Vorgänge, welche dieselben erzeugten, nichts bekannt. Jedenfalls bildet diese niemals auch nur annähernd wieder erreichte Sommerhochflut für das Wesergebiet eine der wundersamsten Erscheinungen der an außergewöhnlichen kosmischen Vorgängen reichen Zeit um die Mitte des 14. Jahrhunderts.

Was die Wassermenge der Weser anbelangt, so werden die größten Abflußmengen der Hochflut vom Januar 1841 folgendermaßen rechnerisch bestimmt:

für das Engtal Münden—Karlshafen auf 2350 *cbm* pro Sekunde,

für die Engtalstrecke Polle—Bodenreder zu 2700 *cbm* pro Sekunde.

Die Hochwassermenge von 1799 hat oberhalb Minden rund 3000 *cbm* pro Sekunde betragen. Die kleinste Abflußmenge im Juli 1893 ist unterhalb Münden auf 9—10 *cbm* pro Sekunde, unterhalb Karlshafen auf 23, bei Baden auf 73 *cbm* pro Sekunde zu veranschlagen.

Die Weser ist im allgemeinen ein recht wasserreicher Strom, der aber seine Abstammung aus teilweise undurchlässigem Gebirge nicht verleugnet, wie aus dem sehr großen Unterschiede zwischen der kleinsten und größten Abflußmenge bei Karlshafen (1 : 232) hervorgeht. Von oben nach unten verringert sich die entsprechende Verhältniszahl jedoch bedeutend, nämlich auf 1 : 120 bei Hameln, 1 : 64 bei Hoya und 1 : 57 bei Baden, da die Abflußmengen bei niedrigen Wasserständen in weit größerm Maße als der Gebietszuwachs, bei hohen Wasserständen in weit kleinerm Maße zunehmen. Das Verhältnis zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge ist bei Hoya und Baden nicht wesentlich größer als bei Münden, und zwar im Jahre gleichermaßen wie in beiden Halbjahren; es beträgt bei Münden im Jahre 34.3, im Sommer 20.2 und im Winter 52.6°/₀, bei Hoya im Jahre 35.3, im Sommer 21.1 und im Winter 53.9°/₀, bei Baden im Jahre 34.7, im Sommer 21.1 und im Winter 52.5°/₀. Dadurch, daß die auf den verstärkten Abfluß hinwirkende Regenzeit in das Halbjahr der Schneeschmelze fällt, erhält die Weser eine ähnliche Verteilung des Abflußverhältnisses wie der aus viel reichhaltigern

Schneevorräten gespeiste Memelstrom, der im Jahre 33.9, im Sommer 26.6 und im Winter 56.2% des Niederschlages abführt.

Die Mündung der Weser, wie der Elbe, liegt im Gebiete der Gezeitenbewegung der Nordsee. Durch die zahlreichen Spaltungen und sonstigen Hindernisse der Flut- und Ebbebewegung hat aber in der Unterweser vor der Korrektion trotz der sehr kräftigen Flut unterhalb Bremerhaven die Flutwirkung und das Abfallen der Ebbe oberhalb dieses Punktes weit rascher abgenommen als in der Unterelbe, die in mehrfacher Beziehung dem Eindringen der Tidewelle günstigere Vorbedingungen gewährt.

2. Die Ems. Dieser Fluß gehört mit dem weitaus größten Teile seines Gebietes dem Flachlande an, und sein ganzes Stromgebiet umfaßt 12 482 *qkm*. In der dem südwestlichen Abhange des Teutoburgerwaldes vorgelagerten, sanft geneigten Ebene, der Senne, entspringen zahlreiche Bäche, die teils zum Lippe-, teils zum Emsgebiete gehören. Der südlichste im Emsgebiete liegende Bach ist die Ems selbst, die hier bei dem Dorfe Hövelhof in + 134 *m* Höhe entspringt. Anfangs folgt die Ems der allgemeinen Richtung aller hier von der Senne herabkommenden Bäche nach Südwest, wendet dann aber ihren Lauf vorübergehend nach Nordwest, so daß er etwa dem Zuge des Teutoburgerwaldes parallel läuft. Diese Richtung behält sie indessen auch nur vorübergehend bei, fließt vielmehr bald über Warendorf nach Westen und schwenkt dann in großem Bogen nach Nordnordwest um. Auf einer längern, bis unterhalb Rheine reichenden Strecke folgt sie nunmehr dieser Richtung und geht dann in die Nordrichtung über, aus der sie wieder kurz oberhalb Emden nach Westen ausbiegt, um hier in den Dollart auszumünden. Da der Fluß auf diesem Wege vielfache Windungen und Schleifen macht, ist seine Entwicklung nicht unbeträchtlich; so beträgt diese im Verhältnisse zur Luftlinie auf der Strecke zwischen der Brücke bei Schöneflieth und Rheine 86.3% und von der Hasemündung bis zur Mündung des Schleusenkanals bei Herbrum 75.0%. Sie ist in diesen kürzern Strecken sogar stärker als auf größern zusammenhängenden Strecken, obgleich auf ihnen zum Teil nicht unerhebliche Ausweichungen von der allgemeinen Hauptrichtung vorkommen, denn es ist die Entwicklung der Obern Ems, die bis Rheine hin gerechnet ist, 75.2%, die Entwicklung der Mittlern Ems bis zur Hasemündung 62.6% und der Untern Ems 67.0%. Da die Schleifen vielfach sehr kleine Krümmungshalbmesser besitzen, sind sie der Schiffahrt sehr hinderlich; einige der stärkern Krümmungen sind daher an der Mittlern und Untern Ems, hier namentlich für den Schiffahrtsweg des Dortmund-Ems-Kanals, durch kurze Seitenkanäle umgangen worden; doch gibt es immer noch Krümmungen, die nur etwa 200 *m* Halbmesser haben.

In der obersten Strecke der Obern Ems werden die zahlreichen nebeneinander herlaufenden Sennebäche durchaus nicht durch dazwischen liegende Bodenerhebungen voneinander geschieden; auch die Ems hat hier kein ausgeprägtes Tal; erst weiterhin bildet sich eine fest umgrenzte Mulde, in der die Wassermassen zusammengehalten werden; unterhalb Warendorf endlich schneidet sich der Wasserlauf immer mehr in das flache Gelände ein, so daß bis Rheine hin ein schmales, aber verhältnismäßig tiefes Flußtälchen entsteht. Auch an der Mittlern Ems bleibt die Hochwassermulde zunächst noch eng und stellt sich hier als eine etwa 10 *m* tiefe Rinne dar. Von Listrup abwärts erweitert sich das der Überschwemmung ausgesetzte Gelände zu einer etwa 1 *km* breiten Niederung, die 2—3 *m* über Mittelwasser liegt. Unterhalb Haneckenfähr wird dann das Überschwemmungsgebiet von Dünen, die in Entfernung von 1.5—3 *km* voneinander liegen, begrenzt. Im allgemeinen sind diese Dünen flach geböscht; nur dort, wo der Fluß oder ehemalige Schleifen sie anschneiden, bilden sich Steilränder; besonders ist dies der Fall von Lingen bis Dalum, wo die Dünen am linken Ufer auf etwa 6 *km* Länge Steilränder zeigen und mehrfach scharf an den Fluß heran-

treten. Auch am Unterlaufe ist ein eigentliches Flußtal nicht vorhanden. Das Überschwemmungsgebiet breitet sich hier meist weit aus und wird nur an einzelnen Stellen von höhern, meist dünenartigen Erhebungen abgeschlossen.

Das Flußbett der Ems ist fast überall sandig; nur an einzelnen Stellen finden sich auch andere Bildungen vor; so sind an einzelnen Stellen Mergel der jüngern Kreide und Plänerkalke vorhanden. Auf der Flußstrecke von Rheine bis Bentlage wird das Bett von Riffen aus Gesteinen der Kreideformation durchquert, während an der Untern Ems Klai- und Eisenerzschichten Sohle und Ufer durchsetzen; außerdem kommen hier auch vereinzelt Findlinge auf der Sohle vor.

Wie schon oben erwähnt, fließen zahlreiche kleine Bäche in ziemlich gleichgerichtetem Laufe von der Senne herab; teilweise erhebt sich die Sohle der Wasserläufe über das umgebende Gelände, so daß etwa ausgetretenes Wasser nicht mehr zu demselben Laufe zurückgelangen kann, sondern entweder in einen tiefer gelegenen Wasserlauf übergeht, versickert, verdunstet oder stagniert und niedrige Stellen versumpft. Dadurch entstehen mannigfache Verbindungen zwischen den Wasserläufen, die das Gewässernetz hier sehr verwickelt machen. Größere Wasserläufe können sich indessen hier nicht ausbilden, da die Ems parallel mit dem Teutohurgerwalde läuft und daher die herabkommenden Bäche auffängt. Erst dort, wo sie sich aus dieser Richtung westwärts wendet, entsteht der Raum zur Entwicklung größerer Bäche.

Erst weiter abwärts finden sich auf der rechten Seite größere Seitenzuflüsse, die große Aa, die Hase und Leda.

Von den Quellen der Ems bis in die Gegend zwischen Rietberg und Wiedenbrück ist ein eigentliches Flußtal nicht vorhanden. Bis hierher besteht das ganze umliegende Gelände aus einer schwach geneigten Ebene, die zumeist niedriger liegt, als der gewöhnliche Wasserspiegel der Ems. Die Hochfluten der Ems breiten sich hier meilenweit überall hin aus, besonders in der Niederung von Mastholte oberhalb Rietberg. Die Breite des Flußtales oder vielmehr der Flußmulde zwischen Wiedenbrück und Rheda schwankt zwischen 100 und 500 *m*. Unterhalb Rheda beträgt sie im allgemeinen 300 *m*, wächst stellenweise bis 500 *m* und erreicht in der Nähe der Luttermündung den Größtwert von etwa 800 *m*. Nach Warendorf zu nimmt die Breite wieder auf etwa 450 *m* ab. Auch hier am Mittellaufe liegen die Uferränder durchgehends höher als das Seitengelände, so daß die Flutmassen eine vom Flußlaufe abweichende Richtung einschlagen müssen, hin und wieder auch, wenn die seitlichen Erhebungen bis an den Fluß herantreten, diesen zu kreuzen gezwungen sind. Unterhalb Warendorf bis Schöneflieth ist die Breite des Tales, welches in das flache, nur zwischen + 50 *m* und + 55 *m* wechselnde Gelände eingeschnitten ist, sehr veränderlich. Bald treten hier die Ufer bis unmittelbar an den Flußschlauch heran, bald sind besondere Flutwege vorhanden, welche die Krümmungen des Flusses abschneiden, bald dehnen sich breitere und niedrige Wiesengründe zu beiden Seiten des Flusses aus. Ein zusammenhängender Talboden fehlt, und manche Flächen werden zwar von den höchsten Wasserständen überschwemmt, können aber wegen ihrer hohen Lage nicht dem Talboden zugerechnet werden. Sowohl in Rietberg, wie in Wiedenbrück führen hochwasserfreie, mit engen Stauanlagen ausgestattete Wege durch das Flußtal. Auch unterhalb Schöneflieth bleibt das Emstal durchgehends schmal. Die eigentlichen Hochufer berühren zwar nicht in großer Länge unmittelbar den Flußschlauch, aber das Gelände steigt meistens langsam an, so daß ein flacher Talboden nur selten und meistens in kesselförmiger Ausbildung vorhanden ist.

Infolge der vielen und starken Krümmungen hat die Ems im Mittellaufe einen ziemlich unregelmäßigen Querschnitt. Die Breite schwankt bei niedrigem Wasserstande zwischen 20 und 80 *m*, ebenso wechseln Tiefe und

Geschwindigkeit fortwährend. Bei mittlerm niedrigen Sommerwasserstande schwanken die Tiefen zwischen 0.75 und 3.1 *m*.

Die größern Ortschaften liegen sämtlich an oder auf dem Talrande. Auch Gehöfte, außer den Fährhäusern, finden sich nur vereinzelt in der Flußniederung. Die Stadt Rheine ist auf hohen Ufern beiderseits des schmalen Flußschlauches erbaut, der sich hier durch die hügelartigen Ausläufer des Teutoburgerwaldes windet. Salzbergen liegt auf dem Hochufer hart am Flusse. Die Stadt Lingen ist durch den Emskanal, der in eine alte Flutmulde verlegt ist, und durch eine Düneninsel vom Flusse getrennt. Die Stadt Meppen liegt auf einer inselförmigen Erhöhung, welche durch die Ems von der großen Esterfelder Düneninsel und durch die Hase vom rechtsseitigen Höhenrande abgetrennt wird. Die Vorstadt am rechten Haseufer steht auf einem, wie es scheint, künstlich aufgehöhten Ausläufer der rechtsseitigen, zum Hümmlinge gehörigen Höhen.

Der Unterlauf der Ems reicht von der Hasemündung bis zum Dollart. Bis zum Dorfe Herbrum besitzt der Fluß noch die Eigenschaft eines Binnenlandflusses. Er war his zur Erhauung des Kanals von Dortmund nach den Emshäfen für die Kleinschiffahrt, wie sie auf den ostfriesischen und holländischen Moorkanälen landesühlich ist, durch Regulierungswerke schiffbar erhalten worden. Da die Abflußmenge und die Stromkraft nicht ausreicht, um für die Großschiffahrt einen ausreichenden Querschnitt offen zu halten, so ist der Oberlauf kanalisiert worden und gilt seitdem als ein Teil des Dortmund-Ems-Kanals. In der Strecke von Herbrum bis zur Mündung des Papenhurger Kanals, wo die Ems nach Ostfriesland übertritt, ist hereits so viel Tideströmung vorhanden, daß sie für die Binnenschiffahrt des neuen Kanals den Flußschlauch genügend tief erhalten kann. Daher ist diese Strecke für die Zwecke der Kanalschiffahrt in solcher Weise reguliert, daß das Auflaufen der Flutwelle möglichst hefördert wird. Im Unterlaufe von der Papenburger Schleuse bis zur Mündung in den Dollart schafft und erhält die Tideströmung eine für die kleine Seeschiffahrt genügende Tiefe. Bei Leerort zerlegt sich der Unterlauf in 2 Unterabschnitte, einerseits, weil hier der wichtigste Nebenfluß, die Leda, mündet, anderseits, weil die Verhältnisse in der untern Strecke für die Seeschiffahrt erheblich günstiger liegen, wie in der obern Strecke.

Der Scheitel der Flutwelle trifft bei Papenburg etwa $1^3/_4$ Stunden später ein als an der Emsmündung, der Wellenfuß verzögert sich noch mehr, nämlich um $2^1/_2$ Stunden. Wenn also Hochwasser an der Mündung eintritt, hat der Wasserspiegel hei Papenhurg noch etwa $^1/_3$ des Anstieges zu machen, wodurch das Gefälle des Flutstromes nach stromaufwärts zustande kommt. Wenn der Flutscheitel in Papenhurg eingetroffen ist, hat sich der Wasserspiegel an der Mündung bereits wieder um etwa $^1/_3$ der Flutgröße, oder im Mittel um 0.90 *m* gesenkt. Das größte Gefälle des Ebbestromes hildet sich aus, wenn an der Flußmündung Niedrigwasser eintritt.

Die Ems erreicht unterhalb Herbrum, nachdem die das Dorf Rhedo berührende Flußschleife durch einen Durchstich totgelegt ist, das Geestgelände nicht mehr. Die Ufer sind flach, werden aber vom gewöhnlichen Tidehochwasser oberhalb Tunxdorf nicht überschwemmt. Von hier nimmt die Breite der hei der Flut unter Wasser kommenden Vorlandsflächen allmählich zu. Die Flußufer erhalten dadurch einen seeküstenartigen Charakter. Bei Jemgum heträgt die Breite der wattähnlichen Fläche etwa 100 *m*, und sie wächst nahe der Mündung auf etwa 800 *m*. Auf den Wattstreifen bilden sich zwei verschiedene Uferlinien aus, von denen die für Hochwasser die vorwiegend ausgebaute und festliegende ist. Langgestreckte Buhnen hegrenzen mit ihren Köpfen vielfach die Uferlinie des Niedrigwassers, am Mittellaufe ist dieselbe auch auf verschiedenen Strecken durch Leitdämme festgelegt, deren Krone in Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers liegt.

Die Ortschaften liegen hier fast sämtlich am Rande des Flußtales oder auf der Geest, seltener auf inselartig aus der Niederung aufragendem Gelände, wie z. B. Steinbild, Borsum und mehr oder weniger auch Meppen. Einzelgehöfte, besonders Fährhäuser und Gruppen von Gehöften liegen mehrfach auf erhöhten Sandschollen mitten im Überschwemmungsgebiete. Am Unterlaufe sind Weener und Bunde auf Geestinseln, Emden auf einem Warfhügel erbaut, während Leer auf einem Geestvorsprunge liegt. Die ältesten Teile von Papenburg sind an der Stelle angelegt, wo die vom Hümmlinge ganz allmählich zum Flusse abfallende Mooroberfläche den Spiegel der höchsten Flut erreicht. Die untern Stadtteile, welche auf dem abgetorften Sanduntergrunde oder Leegemoore stehen, liegen unter Fluthöhe. In den Marschen Ostfrieslands stehen manche, besonders die ältesten Orte, auf Warfhügeln. Die meisten Marschdörfer und die großen Einzelgehöfte, die sogenannten Plaatsen, liegen dagegen tief und sind auf die Deiche als Schutz gegen Hochfluten angewiesen.

In Ostfriesland trägt die Niederung das Gepräge des ursprünglichen Meeresbodens. Die Viehzucht ist Haupterwerbszweig, und da das Rindvieh in der milden Jahreszeit meistens unbeaufsichtigt und auch des Nachts auf der Weide verbleibt, und die gemeinschaftliche Weidebenutzung mehrerer Besitzer nach der Markenteilung fast ganz aufgehört hat, so ist die Einfriedigung der Weideparzellen unerläßlich. Die Niederung des Endlaufes ist hier netzartig überzogen mit leichten Zäunen, vorwiegend Drahtzäunen, welche über Leinpfade und Nebenwege binweggehen und dort mit leichten selbstschließenden Türen versehen sind. Die Einzäunung nach dem Ufer hin und die Abgrenzung bestimmter Tränkestellen fehlt meistens noch zum Nachteile des Flußufers. Um die zum Uferschutze angelegten Pflanzungen vor der sonst unvermeidlichen Zerstörung durch das Weidevieh zu bewahren, wird die Einfriedigung des Ufers von der Bauverwaltung nach Möglichkeit gefördert. Die Unterhaltungsarbeiten an den Zäunen, besonders nach größern Hochwassern, sind aber nicht unerheblich. Am Unterlaufe in den ostfriesischen Marschen werden die Zäune mehr oder weniger durch die zahlreichen Gräben ersetzt, welche in engen Maschen die Grundstücke umschließen.

Zwischen den Orten Pogum und Jarssum tritt die Ems in den Dollart ein. Der Spiegel des Tidebochwassers erfährt hier eine plötzliche, fast schrankenlose Erweiterung, während das Niedrigwasser zwischen den großenteils trocken laufenden Wattflächen einen zwar vielfach verzweigten, aber doch einigermaßen geschlossenen Querschnitt einhält. Die an dieser Stelle in die Ems eintretende Flutwelle macht sich bei gewöhnlichem Zuflusse von Oberwasser bis zum Schützenwehre bei Herbrum deutlich bemerkbar. Die Länge dieser von der Flutwelle durchlaufenen Flußstrecke beträgt ungefähr 51 *km*. Vor der Ausführung der Durchstiche zwischen Herbrum und Papenburg, welche als Teilanlagen zugleich mit dem Dortmund-Ems-Kanale hergestellt wurden, lag die Flutgrenze bei niedrigem Oberwasser kurz oberhalb Herbrum. Nach jener Begradigung und der gleichzeitig ausgeführten Räumung des Fahrwassers, jedoch vor Inbetriebsetzung des Wehres zu Herbrum, welches die untere Begrenzung der für die Zwecke des Dortmund-Ems-Kanals kanalisierten Flußstrecke bildet, hatte sich die Flutgrenze bis zum Unterwasser der Schleuse zu Bollingerfähr oder etwa 6 *km* nach stromaufwärts verschoben.

Von den Nebenflüssen der Ems hat nur die Leda Flutwechsel. Die mittlere Flutgröße beläuft sich für den Zeitraum von 1871—1900 an der Knock, der den Dollart nach der See hin abgrenzenden Landspitze, auf 2.73 *m*, und 38 *km* stromaufwärts in der Ems an der Papenburger Schleuse noch auf 1.40 *m*; ferner in der Leda zu Leer 4.4 *km* oberhalb der Mündung auf 2.10 *m*, und zu Potshausen an der Leda und zu Stickhausen an der Jümme 23, bezw. 25.8 *km* oberhalb der Ledamündung noch auf 0.80 *m*. Der Unterschied zwischen dem Flutwechsel bei Springflut und Nippflut beträgt im Dollart nur etwa 0.80 bis 1.0 *m*.

Die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß in Mitteleuropa hat Prof. W. Ule untersucht,[1] wobei er die Flüsse Saale, Main, Elbe, Traun und Enns in Betracht zieht. Die 20 Jahre 1882—1901 ergaben für Niederschlag, Verlust an Wasser und Abfluß im Saalegebiet folgende Durchschnittswerte:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Niederschlag *mm*	36	31	43	40	61	69	87	60	51	56	39	41	615
Verlust *mm*	21	13	15	22	47	59	76	53	42	45	27	26	445
Abfluß *mm*	15	18	28	18	14	10	11	7	9	11	12	15	170
Abfluß in % d. Nied,	42	58	64	45	24	15	12	13	18	19	31	36	27,4

In diesen Zahlen tritt am augenfälligsten der Gegensatz zwischen Winter und Sommer in dem Wasserhaushalte hervor. Der Sommer ist regenreich und abflußarm, der Winter regenarm und abflußreich. Die sommerlichen Abflußzustände beginnen deutlich im Mai, die winterlichen im November. Man kann danach hydrographisch das Jahr in zwei scharf voneinander geschiedene Halbjahre teilen; das eine umfaßt die Monate Mai bis Oktober, das andere die Monate November bis April. Am klarsten kommen sie zum Ausdrucke in den Zahlen, die den Abfluß in Prozenten des Niederschlages liefern. Berechnet man die Prozente für die ganzen Halbjahre, so bekommt man im Winter einen Abfluß von rund 46%, im Sommer einen solchen von nur 16,5%.

Dieser Gegensatz, sagt Prof. Ule, ist ein so großer, daß er nicht mehr durch die Witterungsverhältnisse allein erklärt werden kann. Unter den meteorologischen Vorgängen Mitteleuropas gibt es keinen einzigen, der nur annähernd eine ähnliche Jahresperiode aufwiese. In der Tat wird ja auch der Abfluß nicht allein von den Witterungszuständen bestimmt, es wirken auf ihn noch eine Menge anderer Faktoren ein. Dazu gehören namentlich die Wasseraufnahmefähigkeit und die Wasserdurchlässigkeit des Bodens und die Vegetation. Der jahreszeitliche Gegensatz im Wasserhaushalte liefert uns daher ein Bild von dem Gegensatze im Haushalte der Natur überhaupt. Der Sommer mit seinem reichen Pflanzenwuchse, mit seiner größern Fülle von Wärme in Luft und Boden schafft völlig andere Abflußzustände als der Winter, wo die Vegetation ruht, weite Flächen des Pflanzenkleides ganz entbehren, und der Boden lange Zeit gefroren ist.

Verf. versucht, diesen Faktoren im einzelnen nachzuforschen und ihren Einfluß auf die Wasserführung auch dem Betrage nach festzustellen, worüber auf das Original verwiesen wird.

[1] Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 14. 5. Heft. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1903 p. 280.

Über den Abfluß in Prozenten des Niederschlages gibt Verf. für die obengenannten Flußgebiete Mitteleuropas folgende Tabelle:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel d. Jahre
Saale	42	58	**64**	45	24	15	12	13	18	19	31	36	1882—1901
Main	54	55	**64**	45	23	15	13	15	17	20	30	33	1886—1897
Elbe, nach Penck	43	55	**75**	53	27	15	11	13	17	22	27	36	1876—1890
Elbe, nach Schreiber	45	55	**63**	55	28	16	13	15	19	24	31	34	1876—1894
Traun	71	53	57	**96**	87	53	49	46	57	53	55	49	1881—1890
Enns	60	51	42	72	**80**	43	34	33	45	42	51	46	1881—1890

Die große Übereinstimmung, sagt Verf., in den Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß im Laufe des Jahres drängt die Vermutung auf, daß überhaupt der gesamte Abfluß in dem geographisch einheitlichen Mitteleuropa bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterworfen sei, deren Kenntnis es gestatten würde, unmittelbar aus dem Niederschlage den Abfluß zu berechnen. Versuche, solche Gesetzmäßigkeiten zu finden, liegen bereits vor. Penck hatte auf Grund der Berechnungen von Ruvarac gezeigt, daß der Abfluß mit dem Niederschlage zunimmt. Auch vom rein theoretischen Standpunkte aus erscheint das sehr wahrscheinlich, da bei reicherer Benetzung günstigere Abflußzustände geschaffen werden, und überdies mehr Wasser zum Abflusse vorhanden ist.

Indessen ist die Zunahme des Abflusses durchaus nicht einfach proportional der Zunahme des Niederschlages; Verf. hat vielmehr, um die eine aus der andern zu berechnen, eine parabolische Formel aufgestellt, die mit den Beobachtungen ziemlich übereinstimmt.

Die Ausbildung des Rheintales zwischen dem Neuwieder Becken und der Köln-Bonner Bucht behandelte auf dem 14. Deutschen Geographentage Dr. Kaiser (Berlin).[1]) Als niederrheinische Bucht bezeichnet man die weite Niederung, die, mit jüngern Bildungen ausgefüllt, sich vom Siebengebirge weit nach Nordwesten erstreckt. Der Teil, in dem der Rhein heute (in einer Höhe von 55—40 *m*) fließt, wird als Köln-Bonner Bucht bezeichnet. Sie ist ebenso wie das Neuwieder Becken durch tektonische Einbrüche in verhältnismäßig junger Zeit entstanden. Das Rheintal selbst hat höchstens seine erste Anlage tektonischen Vorgängen zu verdanken. Der größte Teil des Rheintales ist ein Erosionstal, das sich stufenförmig in das ältere Gebirge (Schichten des Devon und Tertiär, sowie tertiäre vulkanische Gesteine) eingeschnitten hat. Einzelne Terrassen lassen sich auf weite Strecken am heutigen Rheine

[1]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903. p. 516.

entlang verfolgen. Auf den Terrassen liegen Schotterablagerungen, die der Rhein in den Ruhepausen zwischen dem Einschneiden absetzte. In dem Materiale, welches verschiedenen Ursprungsgebieten entstammt, zeigen sich Unterschiede der einzelnen Terrassen. Die älteste Terrasse liegt an der Ahrmündung etwa 210—240 *m* über dem Meere, sinkt aber nach Norden beträchtlich. Ihr Material weicht sehr von dem der andern Diluvialbildungen ab. An der Oberfläche ist sie nicht scharf getrennt von der nächst jüngern Terrasse, der Hauptterrasse, die sich am besten zu beiden Seiten des Rheins vom Neuwieder Becken (bei Linz in einer Höhe von 180—200 *m*) bis in die Kölner Gegend (Vorgebirge bei Königsdorf-Horrem, 120—130 *m*) verfolgen läßt. Tiefere Terrassen treten mannigfach auf, sind jedoch zumeist nicht durch das ganze Gebiet verfolgbar. Die Gegend von Linz und Remagen bietet gute Beispiele. Weit verfolgbar ist aber eine Terrasse, die bei Remagen in einer Höhe von 70 *m* gut aufgeschlossen ist, die nach Norden hin an Höhe abnimmt, bei Köln nur noch 55—60 *m* hoch liegt und hier die ausgezeichnete ebene Terrassenfläche bildet, die von der Eisenbahn zwischen Müngersdorf und Königsdorf westlich von Köln überschritten wird. Nachdem sich der Rhein bis in dieses Niveau eingeschnitten hatte, wurden die Gehänge mit Löß überdeckt, jenem feinstaubigen gleichmäßigen Gebilde, das in der Umgebung des Rheintales viele der Gesetzmäßigkeiten wieder erkennen läßt, die schon aus andern Lößgebieten bekannt sind. Bei noch tieferm Einschneiden entstand die heutige Talfläche, in der noch eine Terrasse, die Niederterrasse, von dem jetzigen Überschwemmungsgebiete des Rheins zu unterscheiden ist. Alte verlassene Flußrinnen lassen sich in der Niederterrasse, namentlich auf der linken Rheinseite von Bonn nach Köln, verfolgen. Die Tiefe, bis zu der sich der Rhein unter sein heutiges Bett eingeschnitten hatte, liegt bei Honnef bei 38 *m* über dem Meere, bei Bonn bei 36 *m*, bei Widdig bei 35 *m*, bei Weiß unter 18 *m*, bei Köln unter 7 *m* über dem Meeresspiegel, so daß die Aufschüttungen in der Form von lockern Sanden und Geschieben, sowie Lehm bei Honnef 20 *m*, bei Bonn $17^1/_2$ *m*, bei Widdig 21 *m*, bei Weiß 34 *m*, bei Köln 37 *m* mächtig sind. Im südlichen Teile des besprochenen Gebietes nehmen noch Erzeugnisse jüngerer Vulkane an der Ausbildung des Rheintales teil. Ein großer Teil, namentlich der lockern Auswurfsprodukte, ist jedoch schon wieder durch die Erosion fortgeführt. Die genaue Altersstellung der einzelnen Vulkanausbrüche, namentlich im Laacher Seegebiete, gegenüber den verschiedenen Phasen in der Entstehung des Rheintales, ist bisher nicht erforscht worden. In der Ausbildung des Rheintales zwischen Neuwieder Becken und Köln-Bonner Bucht zeigen sich Analogien zu andern Gebieten, wie namentlich zu dem Oberrheintale und dem Mainzer Becken, doch sind die bisherigen Untersuchungen nicht weit genug vorgeschritten, um genauere Vergleiche zu ermöglichen.

Die Entstehungsgeschichte des Rheines. In seinen Untersuchungen über das Deckgebirge der rheinisch-westfälischen Kohlenformation spricht sich Generaldirektor Schulz-Briesen (Düsseldorf) über die Urgeschichte des Rheinstromes aus, also über ein Problem, bezüglich dessen die Ansichten der Geologen noch sehr auseinandergehen. Er sagt: Die Ufer des Kreidemeeres sind deutlich auf der geologischen Karte erkennbar, sie decken sich zwischen Mülheim a. d. R., Siegburg, Bonn, Euskirchen, Aachen annähernd mit denjenigen des spätern niederrheinischen Tertiärdeltas, welches seine Entstehung dem Rheine in Gemeinschaft mit der Maas verdankt. Der Rhein dürfte sich in der Kreideepoche und bis in die Tertiärzeit hinein sein heutiges Bett zwischen Bingen und Koblenz noch nicht gegraben, und die in der oberrheinischen, ausgedehnten Terraindepression, sowie in den Seitentälern bis weit in die Gebirge hinein seeartig aufgestauten Wassermassen werden vielleicht durch eine schmale Rinne Abfluß in das jetzige Stromgebiet der Donau gefunden haben, denn im andern Falle würde die festgestellte ungestörte Ablagerung der Kreideformation im Bereiche des niederrheinischen Tertiärdeltas nicht möglich gewesen sein. Es ist dabei immerhin nicht absolut ausgeschlossen, daß der Abfluß eines Teiles der überschießenden Gewässer auch durch eine schmale Rinne nach Norden erfolgte.

Erst nach dieser Epoche hat sich der Rhein, möglicherweise unterstützt durch eine Spaltenbildung, allmählich einen breiten Weg zur Nordsee gebahnt und sein Bett tief in die Schichten des mittelrheinischen Devons eingegraben. Mit seinen gewaltigen, in dem oberrheinischen Seebecken aufgestauten Wassermassen hat er, teils vollständig wie bei Wesel, oder nur teilweise wie an den Rändern seiner Erosionstätigkeit, die Kreideablagerung auf weite Ausdehnung im niederrheinischen Tieflande zerstört.

Auf der Linie Goch-Wesel-Dorsten ist zu erkennen, daß der alte Rheinstrom etwa 120 *km* vom letzten Katarakte oberhalb Bonn abwärts, wahrscheinlich vereint mit der Maas, bereits ein Delta von ca. 100 *km* Breite gebildet hat, dessen Material aus dem Detritus besteht, den diese Ströme mit sich führten. Die Erosionsprodukte dieser Wasserläufe sind ohne Frage noch mindestens 100 *km* weiter nach Norden bis an die jetzige holländische Küste getragen worden. Verlängert man die Ränder des Deltas konisch bis dahin, so gelangt man zu der Annahme, daß dasselbe dort etwa 200 *km* Breite gehabt haben muß. Derartige Bildungen findet man übrigens auch heute noch in größerm Maßstabe in der Entstehung begriffen. Auf der Grundlage dieser Anschwemmungen bildete sich dann in der folgenden, ruhigern Epoche die mächtige Braunkohlenablagerung der untern Rheinebene, die wieder zum Teile in der pliocänen und postpliocänen Periode fortgewaschen und später von diluvialen und alluvialen Geröllen, Lehmen und dem Löß überdeckt wurde. Die letztgenannten Schichten besitzen im Bereiche des Tertiärs häufig eine nicht unerheb-

liche Mächtigkeit, während dieselbe innerhalb des sog. Kreidebeckens selten über 2—8 *m* beträgt. Diese Ablagerungen spielen daher eine ganz untergeordnete Rolle in der Zusammensetzung des Deckgebirges.

Die tertiäre Erosion hat in den Kreide- und Triasschichten im minimo 5 Milliarden Kubikmeter Material zerrieben und ins Weltmeer hinausgetragen, jedoch als Ersatz annähernd die gleiche Menge Material zur Ausfüllung der Stromrinne wieder zugeführt.

Die Veränderungen des Mississippideltas sind von Warren Upham an der Hand der geschichtlichen Überlieferungen studiert worden.[1]) Die frühesten Darstellungen von Hylacomylus (1513), die auf den Angaben von Amerigo Vespucci beruhen, sind natürlich höchst ungenau, erst seit 1699 liegen zuverlässigere Daten über die Mündungsarme vor, und 1722 gab Coxe eine Karte, die bessere Details enthielt. Die einzige wirklich zuverlässige Karte aus früherer Zeit ist jedoch diejenige von Bellin 1744. Der Vergleich derselben mit der Karte von 1885 ergibt, daß während 141 Jahren die Mündungen um ca. 6—8 Miles weiter in den Mexikanischen Meerbusen vorgerückt sind. Hieraus könnte man schließen, daß zur Zeit der Entdeckung Amerikas das heutige Mississippidelta überhaupt noch nicht bestand, sondern ein anderes gegenwärtig 20—30 *km* weiter landeinwärts liegendes, was auch durch die Messungen von Humphrey und Abbots wahrscheinlich gemacht wird.

Das Mündungsgebiet des Orinoco. Dem Berichte S. M. Schiff »Panther« ist folgendes hierüber entnommen:[2]) Die ganze Küstenstrecke des Orinocodeltas besteht aus flachem, dichtbewaldetem Lande und bietet keine markanten Punkte, welche zur Orientierung dienen könnten. Die Wassertiefen nehmen schon auf Entfernungen vom Lande, auf welchen dieses noch gar nicht gesichtet wird, stark ab, so daß für Schiffe, welche an dieser Küste zu fahren haben, ein dauernder Gebrauch des Lotes durchaus erforderlich ist, zumal da man hier mit beträchtlichen Stromversetzungen zu rechnen hat. Die Flußufer an der Boca Grande sind in der Nähe der Mündung mit undurchdringlichem Urwalde bestanden, welcher nur durch die vielen Flußarme unterbrochen wird. Die erste Lichtung ist durch das Dorf Curiapo gebildet, welches aus einigen wenigen festen Häusern, sonst nur aus Indianerhütten besteht. Oberhalb Curiapo setzt sich der dichte Urwald bis Imitaka fort. In der Nähe dieser Insel treten die Ausläufer der Berge von Britisch-Guiana bis nahe an den südlichsten Arm des Deltas heran. An den Bergen bei dem Orte Imataka liegt eine Eisenerzmine, die durch einen Arm, der für 3.3 *m* (11') tiefgehende Schiffe befahrbar ist, mit dem Boco Grandearme verbunden

[1]) American Geologist 30. p. 103.

[2]) Annalen der Hydrographie 1903. p. 169.

ist. Hinter Imataka wird der Wald etwas lichter als unterhalb, und die Ufer sind stellenweise mit Zucker- und Bananenpflanzungen bebaut. Die Anwohner sind meist Indianer, welche in niedrigen offenen Hütten wohnen. Die nächste größere Ansiedlung oberhalb Curiapo ist Barancas, ein Ort mit festen Steinhäusern, aus denen sich ein größeres, die Kirche, abhebt. Zurzeit ist dort ein deutscher Händler und Pflanzer, Namens Lehmann, ansässig. Die Ufer haben von hier an kein urwaldartiges Aussehen mehr; der Wald besteht meist aus hohem Buschwerke mit vielen weiten Lichtungen dazwischen. Von Barrancas ab aufwärts läuft der Fluß zunächst südwestlich bis an die Bergkette, welche im Süden das Delta begrenzt, und welcher er stromabwärts in Ost—Westrichtung bis Ciudad Bolivar folgt. Von der Bergkette treten an einigen Stellen Ausläufer direkt an das rechte, also das Südufer des Flusses heran, während die eigentliche Kette mehr oder weniger von dem Flußbette zurückliegt. Das linke, d. i. das Nordufer, ist durchweg flacher. Dort dehnt sich, etwa 70 *m* höher als das Flußtal liegend, eine weite Ebene (Savannah) aus, deren Abhänge steil abfallen, aber an keiner Stelle bis direkt an das Flußbett herantreten. Von höhern besonders markanten Bergen liegen am nödlichen Ufer nur der Sorondohügel unterhalb Guiana Vieja und der Guarampahügel oberhalb Las Tablas.

Auf einem der erwähnten Ausläufer der Bergkette am Südufer liegt der Ort Guiana Vieja mit 2 Forts. Die Hügel, auf denen die Forts liegen, sind nicht, wie auf den Karten angegeben, 500 und 300 Fuß hoch, sondern nur etwa 120, bezw. 50 *m* hoch. Das Fort auf dem höhern Hügel ist ein quadratisches Mauerwerk, über welches einige Häuser hinwegragen, mit der Hauptfront nach Nordost. Es schien in ziemlich verwahrlostem Zustande zu sein. Das Fort auf dem kleinern Hügel, mit der Hauptfront nach Norden, war anscheinend besser erhalten. Zwischen beiden Hügeln liegt die Ortschaft, von der vom Flusse aus jedoch nur einige Lehmhäuser und Hütten zu sehen sind.

Zwischen Guiana Vieja und Cuidad Bolivar liegt als einziger größerer Ort, gleichfalls am Südufer, Las Tablas. Derselbe ist an einer Bucht angelegt, in welcher der Strom nicht besonders stark ist, und die guten Ankergrund bietet. Der Ort besteht aus steinernen Wohnhäusern, aus denen sich die Kirche als größeres Gebäude mit flachem Dache abhebt. Las Tablas ist für den Verkehr insofern von Bedeutung, als von hier aus eine Verkehrsstraße nach den Erz- und Goldminen im Süden des Landes führt.

Veränderungen im Laufe des Hilmend. P. M. Sykes gibt eine Darstellung der Veränderungen des Hilmendbettes und der diesen entsprechenden Änderungen in den Verhältnissen der Landschaft Sistan. Das teilweise sehr fruchtbare Sistan umfaßt in der Hauptsache das Delta des in den gleichnamigen See mündenden Hilmendflusses; es wurde durch das Auftrocknen des Sees infolge der Volumenabnahme

des Flusses und vielleicht auch durch die Ausnutzung des Wassers für Zwecke der Kultivierung gebildet. Im Südosten von Sistan liegt das Gaud-i-Zirra, eine Bodenvertiefung, die durch den 350 *m* breiten und mit bis zu 15 *m* hohen Rändern eingefaßten Schela mit dem See in Verbindung steht. Das ganze Gaud ist wenigstens 160 *km* lang und etwa 50 *km* breit und scheint das alte Flußbett des Hilmend zu sein. Heute birgt das Gaud nur an der tiefsten Stelle einen Sumpf, und auch im Frühjahre ist noch nicht der 10. Teil seines Areals mit Wasser bedeckt. Im 14. Jahrhunderte regulierte ein östlich des heute verlassenen Hausdar liegender Damm, der Band-i-Rustam, den Hilmend in der Weise, daß ein tiefer Kanal, der Rud-i-Hausdar, sich nach Westen abzweigte und die fruchtbare Ebene von Hausdar bewässerte, während der Hauptstrom als Rud-i-Nasru nordwärts floß, vorbei an den großen, heute verlassenen Städten Schahristan und Sahidan. Gegen Ende des 14. Jahrhunderts zerstörte Timur den Damm, und die Hausdarebene wurde eine wasserlose Wüste; aber auch der Hilmend selbst wurde in Mitleidenschaft gezogen, und er schuf sich neben dem Rud-i-Nasru weiter nördlich einen andern nach Westen gehenden Arm, den Rud-i-Sistan, der das bis dahin nicht bewohnte Gebiet von Sehkuha bewässerte. Bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts scheinen weitere Änderungen nicht stattgefunden zu haben; dann bildete sich das Wasser im Osten des Rud-i-Nasru einen neuen Kanal, den von Nad-i-Ali. Dadurch drohte der unter Kultur stehende Teil trocken zu werden, und deshalb schnitt man mit vieler Mühe den Rud-i-Sistan nördlich von Sehkuha ab. 1896 endlich begann der Hilmend auch den Nad-i-Ali-Kanal zu verlassen und sich zwischen ihm und dem Rud-i-Nasru noch ein Bett zu eröffnen; so entstand der heute als Rud-i-Perian bekannte Arm, ein schöner wasserreicher Fluß nach Sykes, der ihn 1899 kreuzte. Die alten Leute von Sistan meinten jedoch, daß der Hilmend wohl wieder sich dem Rud-i-Nasru zuwenden würde, und in der Tat hörte man Anfang November v. J. von Grenzstreitigkeiten zwischen Persien und Afghanistan, die infolge Veränderungen im Flußbette des Hilmend ausgebrochen seien.[1])

Seen und Moore.

Über den Untergrund norddeutscher Binnenseen verbreitete sich Dr. Jentzsch.[2]) Derselbe hatte im Sommer 1902 Veranlassung, mehrere dieser Seen zu untersuchen. »Der Untergrund ist nicht nur in den verschiedenen Seebecken verschieden, sondern wechselt auch innerhalb fast jedes einzelnen Sees bedeutend. Ähnlich wie beim Meere kann man auch bei Binnenseen Zonen unterscheiden, welche im allgemeinen (aber nicht immer) durch die Wasser-

[1]) Globus **83.** p. 52.
[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft **54.** p. [144].

tiefe und die Entfernung vom Ufer bedingt werden. In der Anordnung dieser Untergrundzonen findet sich manche Analogie mit den Verhältnissen der Meeresböden, aber auch mancher tiefgreifende Unterschied. In der Uferzone fehlt den Binnenseen, wie Ebbe und Flut, so in der Regel auch der schnelle, mit der Drehung des Windes umsetzende Wechsel der Wasserstände, die tiefgreifende Wirkung der Wogen. Die für den Meeresstrand und die Küstenzone bezeichnenden Untergrundsformen kehren daher an den Binnenseen nur in stark verkleinertem Maßstabe wieder. Dagegen besitzen die Binnenseen fast ringsum dichten Pflanzenwuchs, welcher das Ufer bekleidet, als Schilf, Rohr oder Binsen die flachern Teile des Wassers bis zu 2 oder 3 *m* Tiefe erfüllt und etwas tiefer oft als unterseeische, teilweise Schwimmblätter emporsendende Wiesen von Elodea, Ceratophyllum, Myriophyllum, Potamogeton, Chara Nymphaea usw. große Flächen einnimmt. Diese Pflanzendecken, welche stellenweise sehr dicht werden, liefern naturgemäß beim Absterben massenhafte Pflanzentrümmer, welche den Seeboden zwischen den Pflanzen und in der Nähe der Uferzone erhöhen. Sie wirken aber auch chemisch auf die Abscheidung gewisser Stoffe, insbesondere des Kalkkarbonats, und mechanisch auf den Schutz des Ufers vor Abwaschung und auf die Festhaltung eingeschwemmter Sinkstoffe und herbeigewehter Staubteilchen. Noch häufiger als bei den deutschen Meeren ist die Wirkung des Eisschubes, welche an manchen Binnenseen sehr merklich wird.

In jedem hinreichend großen und tiefen Binnensee finden wir in der Mitte eine weite, offene Wasserfläche, deren Boden in den größern Tiefen frei von höhern Pflanzen ist: die limnetische Region. In dieser Region setzt sich allerwärts ein feiner, lockerer Schlamm ab, dessen Herkunft gemischt ist aus den herabgesunkenen Leichen des tierischen und pflanzlichen Plankton, Koniferenpollen, Auswurfsstoffen größerer und kleinerer Tiere und sonstigem organischem, eingewehtem Staube, feinsten tonigen Trübungen und chemischen Niederschlägen, unter denen Schwefel- und Phosphoreisen hervorzuheben sind. Vom Ufer her wird dieser Tiefenschlamm allmählich durch Torf, Kalkschlamm oder mechanische Sedimente überdeckt. Er wird dann in seiner typischen, an Organismen reichen Fazies zu Lebertorf, bei reichlicherer Beimengung mineralischer Stoffe zu Gyttja, während er in seinen Endgliedern einerseits in Diatomeenerde, andererseits in Schwefeleisen und Seeerz (Eisenoxydhydrat) übergehen kann, letzteres natürlich erst, wenn der Sauerstoff (z. B. durch Trockenlegung des Sees) vermehrten Zutritt erhalten hat. Sowohl Lebertorf wie Gyttja enthalten in ihrer organischen Substanz — weil reich an Tierleichen — verhältnismäßig mehr Stickstoff als eigentlicher Torf. Ein großer Teil dieses Stickstoffs ist aber in einer außerordentlich widerstandsfähigen Form gebunden, nämlich als Chitin im Panzer der Crustaceen.

Da in der limnetischen Region das Plankton allerorten niederregnet, so muß sein feiner Schlamm dort eine zusammenhängende Decke am Seegrunde bilden. Trifft inmitten derselben das Lot auf Grand oder auch nur auf Sandboden, so folgt, daß an den betreffenden Stellen ein mechanischer Abtrag vom Boden stattfindet, daß also dort eine Abrasionsfläche, eine verschwindende Insel oder Untiefe vorliegt. Selbstredend gilt dieser Schluß nur dort, wo keine Möglichkeit dafür vorliegt, daß Sand vom Ufer nach der Mitte des Sees vorgeschoben wird. Letzteres kann stellenweise in schmalen Streifen erfolgen, da an den Ufern der Binnenseen die Bildung von Haken („Kliffhaken" usw.) durch die mit den Winden auftretenden Strömungen in ähnlicher Weise, wenn auch kleinerm Maßstabe, wie an den Meeresküsten stattfindet. Strömungen sind in Binnenseen — obwohl bisher gewöhnlich übersehen — doch weit verbreitet. Sie können zeitweilig zu einem Kreislaufe des Oberflächenwassers führen und sind auf den Absatz der Seesedimente, wie auf die Umgestaltung der Ufer von Einfluß.

Da das Plankton der Binnenseen kalkarm ist, und auch kalkschalige Mollusken in den Tiefen nur spärlich vorkommen, sind kalkreiche Seenabsätze an flacheres Wasser gebunden. Untergetauchte Wiesen von Chara oder von Gefäßpflanzen bewirken teils unmittelbar, teils mittelbar (durch die Ernährung zahlreicher Mollusken) die Anhäufung von Kalkkarbonat. Wo solches erst reichlich vorhanden, werden (vermutlich unter gleichzeitiger Bildung von Nitraten) die abgestorbenen Pflanzen- und Tierleiber rasch verzehrt, und es kann zur Anhäufung fast reiner Kalklager kommen, die somit im allgemeinen Absätze aus flachen Gewässern sind.

Vom Ufer her wächst dagegen ein mit Schilf oder andern Monocotyledonen dicht bestandener Pflanzenwald nach der offenen Seefläche vorwärts, dessen Absterben zur Torfbildung führt, die als Endziel den ganzen See überwältigt. Dieser als „Schaar" bekannte Uferstreifen neigt sich meist sehr allmählich, um am Rande plötzlich steiler zur Tiefe abzusinken. Dieser oft sehr auffällige Knick des Bodenprofils bezeichnet somit eine natürliche, mehr oder minder scharfe Grenze zweier Regionen des Seeuntergrundes. Gewöhnlich folgt nach der Mitte zu zunächst ein Streifen, in welchem der Untergrund aus mazerierten Pflanzentrümmern besteht. An den Schilftorf reihen sich andere, aus den Moorforschungen bekannte und hier nicht näher zu schildernde Torfarten räumlich und zeitlich an. An den Ufern der Binnenseen finden sich teils (vor den Kliffufern) Abrasionsflächen, die meist als grandiger Sand mit eingestreuten Blöcken erscheinen, teils Aufschüttungsmassen. Letztere können neben den weit verbreiteten Torflagern stellenweise als Muschelwälle erscheinen, häufiger als sandige Sedimente verschiedener Korngröße, endlich als Flugsand, der in Gestalt von Dünenwällen Föhrden zu Küstenseen abschnürt, aber auch sonst hin und wieder an Binnenseen auftritt.

So zeigt jeder einzelne See in sich eine Reihe verschiedener Untergrundzonen; aber je nach der besondern Ausbildungsweise, dem Zurücktreten oder Überwiegen einzelner dieser Zonen erhalten die verschiedenen Seen einen z. T. völlig verschiedenen Charakter, der auf deren Fauna und Flora, wie auf ihre Nutzbarkeit zu Fischerei, Pflanzenbau, zu hygienischen und technischen Zwecken zurückwirkt.«

Der Schillingsee im Preußischen Oberlande ist von G. Braun ausgelotet und kartographisch dargestellt worden.[1]) Er bemerkt hierzu: Der Schillingsee liegt auf der Preußischen Platte in der Provinz Ostpreußen. Sepezieller, in dem das »Oberland« genannten westlichen Teile des preußischen Landrückens. Er gehört hier ursprünglich dem Flußgebiete der Drewenz an, kann aber jetzt mit einer Reihe anderer Seen dem größern Begriffe »Gebiet des Oberländischen Kanales« untergeordnet werden. Gemeinsam ist allen diesen Seen eine scharf ausgeprägte NW-Richtung, die hier noch besser hervortritt als in Masuren. Gemeinsam ist allen, daß die Wasserstände durch das Eingreifen des Menschen reguliert werden, daß also Seiches und ähnliche Erscheinungen höchstens ganz verwischt zum Ausdrucke gelangen. Alle diese Seen waren bis vor kurzer Zeit hinsichtlich ihrer Tiefenverhältnisse gänzlich unbekannt. Da war es dem Verf. vergönnt, ein reiches handschriftliches Material zu benutzen, das sich im Besitze des ostpreußischen Fischereivereins vorfand. Zu gleicher Zeit erhielt er auch von der Kanalbauverwaltung in Zölp eine Reihe von Tiefenkarten. Nachlotungen ergaben die nötigen Korrekturen, und so ist unsere Kenntnis jetzt weit gesicherter als im Sommer 1902, zu welcher Zeit Verf. das »Verzeichnis der Ostpreußischen Seen bis 0.50 *qkm*« (Beil. z. Nr. 3 d. Ber. d. Fischereiver. f. d. Prov. Ostpreußen 1902/03) zusammenstellte. Die Seen im Gebiete des Oberländischen Kanales können wir jetzt nach ihren Tiefenverhältnissen in zwei große Gruppen teilen, welche östlich und westlich in einer Linie liegen, deren Verlauf etwa durch die Orte Liebemühl — Groß-Samrodt und in nördlicher Verlängerung Preußisch Holland bezeichnet ist. Die Seen östlich dieser Linie sind im allgemeinen tief mit sehr deutlicher Rinnenform, die westlichen sind flach, und runde Formen herrschen vor. Parallel im O, aber nicht mehr in Verbindung mit dem Oberländischen Kanale zieht sich eine 3. Seenreihe hin. Genauer bekannt sind von ihr nur das nördlichste und südlichste Glied: der Nariensee mit 50 *m* und der kleine Langguthersee mit 25 *m* Maximaltiefe. Von den übrigen wird eine gleichfalls sehr beträchtliche Tiefe angegeben.

Das Seengebiet des nordwestlichen Rußland behandelt auf Grund russischer Quellen S. Tschulok,[2]) und zwar die Seen der 4 Provinzen Petersburg, Pskow, Nowgorod und Olonetz. Die Seen

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 64.
[2]) Hettners Geogr. Ztschr. 1903. p. 266.

sind nicht gleichmäßig über dieses Gebiet verteilt; die meisten gehören dem Nordwesten an: im Gouvernement Olonetz zählt man bis zu 2000 Seen, die im ganzen etwa 19 % des Areals einnehmen, darunter auch die beiden größten Süßwasserbecken Europas, der Ladoga- und der Onegasee. Die Seen stellen bald unregelmäßig begrenzte, gelappte, weite und flache Mulden, bald schmale lange Furchen, bald runde kesselartige Vertiefungen dar. Die Grundzüge der Hydrographie des Gebietes sind folgende. Der Norden, das Gebiet der kristallinischen Gesteine, erhält durch die zahlreichen Seen, Flüsse, Wasserfälle und Stromschnellen ein ganz eigenartiges Gepräge. Hier ist alles Wasser; das allbeherrschende flüssige Element drängt sich auf Schritt und Tritt in seiner ganzen Machtfülle dem Bewußtsein der Bewohner auf und ruft begreiflicherweise sehr bezeichnende Vorstellungen über das Wasser als den Ursprung aller Dinge der Welt hervor.

Mächtige Felsen und kleine Blöcke ragen überall aus dem Wasserspiegel der Seen heraus. In einem See, dem »Kontschesero«, soll man so viele vereinzelte Felseninseln zählen, als es Tage im Jahre gibt; dabei liegen alle mit ihrer Längsachse den Seeufern parallel, nur eine legt sich querüber, weshalb sie die »Dumme« genannt wird.

Unter allen diesen Seen ist der Onega am größten. Bei 9751 *qkm* Oberfläche erreicht er die größte Länge von 220 und die größte Breite von 75 Werst. Seine mittlere Tiefe beträgt etwa 160 *m*, die maximale geht bis 400 *m*. Mit seiner südlichen Hälfte ragt er in das Gebiet des Devonkalkes hinein und berührt ein Gebiet, dessen Hydrographie einen ganz andern Charakter hat.

Von Südosten her ragen in das Gebiet die von zahlreichen Nebenflüssen und Seen gespeisten und ruhig dahinfließenden Ober- und Mittelläufe zweier Wolganebenflüsse, der Scheksna und Mologa. herein. Der von Südosten in den Onegasee mündende Wytegrafluß teilt sein Quellgebiet mit der Kowscha, und hier wurden sie durch einen Kanal verbunden. Die Kowscha fließt dann fast genau in N—S-Richtung dem Bjeloosero (Weißen See) zu, aus dem dann die Scheksna austritt, um sich bei Rybinsk, dieser wichtigsten Handelsstadt des Wolgaoberlaufes, in diesen mächtigen Strom zu ergießen. Dies ist das »Marienkanalsystem«, der hochwichtige Verbindungsweg zwischen dem Wolga- und Kaspisysteme einerseits und dem Finnischen Busen andererseits. Denn aus dem Onega führt der Swirfluß zum Ladoga, und von da die Newa nach Petersburg. Alle 3 Seen stehen aber nicht direkt im Dienste des Verkehres, sondern werden auf großartigen Kanälen in weiten Bögen umfahren.

Der Onegasee wird im Süden von einer Gruppe kleiner Seen umkränzt, welche durch eine Menge interessanter Erscheinungen die geologische Natur ihrer Unterlage verraten. Bald wird der eine, bald der andere See trockengelegt, um sich in den Weißen oder

in den Onegasee zu ergießen durch einen unterirdischen Kanal, dessen Verlauf durch eine Reihe von Einsturztrichtern markiert wird; bald tritt ein sonst harmloses Flüßchen, von unterirdischen Zuflüssen gespeist, mit verheerender Kraft aus seinem Bette heraus. Von zwei dicht nebeneinander liegenden Seen ist der eine dem Weißen, der andere dem Onegasee tributär, je nach dem Verlaufe seines unterirdischen Abflußkanales (wir befinden uns hier auf der Wasserscheide zwischen dem Kaspi- und dem Ostseebecken). Noch mag kurz erwähnt werden, daß im äußersten NO (Kreis Kargopol) der zum Flußsysteme des Weißen Meeres gehörende Onegastrom in unserm Gebiete seinen Anfang nimmt; an seinen Oberlauf schließen sich südlich 2 Seen an, der Latscha- und der Woschesee, von denen kleinere Wasseradern einerseits zum Weißen, anderseits zum Kubinskojesee führen. Dieser letztere, der Suchona und weiterhin der Dwina und dem Weißen Meere tributär, ist seinerseits mit dem Mittellaufe der Scheksna durch einen Kanal (bei Kirilow) verbunden.

Neben dem Marienkanalsysteme besteht noch eine zweite kürzere Verbindung zwischen dem Wolgabecken und dem Finnischen Busen, das sogen. Tichwinsche Kanalsystem. Aus der oben erwähnten Mologa gelangen wir in deren Nebenfluß, die Tschagodoschtscha, dann in die Ssomina; diese ist durch den Tichwinschen Kanal mit der Tichwina verbunden, welche durch den Ssjaßfluß in den Ladogasee mündet.

Die Tichwinsche Wasserstraße bildet die Grenze zwischen der nordöstlichen und der südwestlichen Hälfte des Seengebietes. Während die Hydrographie des nördlichen Drittels des Gebietes durch den Seenreichtum und die kristallinische Unterlage einen besondern Charakter gewinnt, während die zentrale Partie durch die mehr verbindende als trennende Wasserscheide zwischen dem Wolga- und dem Newabecken beherrscht wird, bildet das dritte südwestliche Drittel die Durchgangspforte der Gewässer, die vom zentralrussischen Plateau herunterkommen und zum finnischen Busen hin ihren Lauf nehmen. Kein Wunder, daß dies Durchgangsland, der große Nowgorod, schon frühe seine Selbständigkeit aufgeben und sich dem allgemach erstarkten, nach dem Meere hin drängenden moskowischen Staatswesen fügen mußte. Bei Betrachtung einer Karte fällt uns sofort der Ilmensee als der Sammelpunkt aller vom zentralrussischen Plateau herabkommenden Wasseradern auf. Msta, Pola, Lowatj, Polista, Schelon — alle diese Gewässer treten dann durch den Wolchowfluß aus dem Ilmensee aus, um sich nach einem Wege von etwa 115 *km* in gerader Richtung in den Ladogasee zu ergießen. Hier am Ausfluß des Wolchow liegt die einst so wichtige Handelsstadt Nowgorod, die im Mittelalter als Vermittler der Handelsbeziehungen zwischen dem Osten und Westen eine so große Bedeutung erlangt hatte.

An der Westgrenze des Gebietes liegen zwei miteinander verbundene Seen, der Pskowische See und der Peipussee. Der Wjelikaja-

fluß (große Fluß) führt dem Pskowischen See die vom Witebsk-Newelschen Plateau herabkommenden Gewässer zu; entwässert wird der Doppelsee durch die in den finnischen Meerbusen mündende Narowa. In ihrer Nähe ergießt sich selbständig ins Meer der Lugafluß, der das ganze Gouvernement Petersburg in der Richtung SO—NW durchschneidet.

Im Norden wird dieses westliche, weitaus wichtigste Drittel des Gebietes von mächtigen Wasserbecken begrenzt. Der Ladogasee, mit mehr als 18000 *qkm* Oberfläche, das größte Süßwasserbecken Europas, nimmt im Osten die vom Onega herkommende Swir, im Süden die bereits erwähnten Flüsse Ssjaß und Wolchow auf und wird von der nur 75 *km* langen, aber außerordentlich wasserreichen (über 100000 Kubikfuß in der Sekunde) Newa entwässert. Er wird im Süden von flachen, aus Sand, Lehm und Kies bestehenden, unbewaldeten, im Norden dagegen von steilen, felsigen, bewaldeten Ufern begleitet; seine Tiefe ist im Süden unbedeutend, nimmt aber nach Norden fortwährend zu, um westlich von den Walaamsinseln 265 *m* zu erreichen; die mittlere Tiefe wird auf etwa 110 *m* geschätzt, was ein Wasserquantum ergibt 24 mal so groß wie das des Genfer Sees. Die Wasserstandsschwankungen erreichen den Betrag von 7,3 *m*. Die ganze Wassermasse befindet sich in einer Bewegung: den östlichen Ufern entlang nach Norden, am westlichen nach Süden.

Der Karaboghazbusen des Kaspisees ist neuerdings durch eine russische Expedition erforscht worden, und A. Woeikof gibt von deren Ergebnissen einen übersichtlichen Bericht.[1]) Jener merkwürdige Busen des Kaspi, nur durch eine enge und seichte Straße mit dem Hauptkörper des Sees verbunden, beschäftigte schon lange die Phantasie der Völker und die Gelehrten. Bis zu der Expedition des Jahres 1897 war nur ein Schiff dort (1847 Leutn. Scherebzow), und zwar gar nicht ausgerüstet für wissenschaftliche Forschungen. Die Karaboghazenge (oder -straße) hat beständig, außer bei starken E-Winden, eine Strömung vom W, d. h. das Wasser fließt vom Kapsi in den Karaboghaz, wo es verdunstet. Eine Rückströmung schweren salzhaltigen Wassers, wie im Bosporus, den Dardanellen, der Straße von Gibraltar und Bab-el-Mandeb gibt es nicht, wegen der Seichtigkeit der Straße. Sorgfältige Messungen der Tiefe und der Stromstärke in der Straße gaben folgende Resultate: Sektion 1159 *qm*, Geschwindigkeit 0.559 *m* p. s., Menge des durchfließenden Wassers 645 *cbm* p. s.

In den Wintermonaten fand Maximowicz im Mittel eine Geschwindigkeit 0.423 *m* p. s.; Spindler nimmt seine Beobachtungen als für das ganze Sommer- und diejenigen von Maximowicz als für das

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903 p. 54.

ganze Winterhalbjahr geltend und findet somit, daß durch die Straße folgende Wassermasse fließt:

Sommerhalbjahr	10263 *cbm*
Winterhalbjahr	7663 „
Jahr . . .	17930 *cbm*

Die Oberfläche des Busens ist 18346 *qkm* (also ungefähr so groß wie der Ladoga, der größte Süßwassersee Europas), das würde also im Jahre 0.98 *m* oder in runder Zahl 1 *m* auf die Oberfläche des Busens geben. Ist das Wasserniveau konstant, so muß also ebensoviel im Jahre verdunsten. Das würde also dieselbe Verdunstung geben, wie von Woeikof für den Kaspi berechnet ist. Die Evaporationskraft in den Verhältnissen des Karaboghaz muß größer sein, als für den Kaspi, wenn trotzdem die Verdunstung nur ebenso groß ist, so wird diese durch den großen Salzgehalt des Karaboghazwassers erklärt. (Etwa 16%.)

Der Karaboghaz ist nicht eine Salzpfanne in Hinsicht des NaCl, wie man früher glaubte. Dieses Salz findet sich nicht als Bodensatz, sondern Gips ($CaSO_4$) und Glaubersalz (Na_2SO_4). Das Wasser des Kaspi enthält weniger NaCl als das Wasser des Ozeans (selbst im Rest des Salzes), und selbst auf 20% konzentriert, würde das Kaspiwasser nur 15% NaCl enthalten, während die Löslichkeit dieses Salzes im Wasser 26.7 bei 25° und 26.3 bei 0° ist. Das Glaubersalz wird, nach Lebedinzew, durch doppelte Zersetzung von NaCl und $MgSO_4$ gebildet.

Die Zusammensetzung der Salzlauge des Karaboghaz gibt im Liter wiegend 1.1360 *g*, 186 *g* Salze und in 100 *l* Wasser 5.71% $Na_2SO_4 + 10\,H_2O$ oder 2.51% Na_2SO_4 und 19.6% andere Salze.

Im Winter muß eine Ausscheidung von Glaubersalz stattfinden, und das Wasser des Karaboghaz ist durch Konzentration des Kaspiwassers auf $^1/_{20}$ durch Verdunstung entstanden, dann durch Ausscheidung von Gips und nach doppelter Reaktion zwischen NaCl und $MgSO_4$ auch von Glaubersalz.

Es ergibt sich ferner, daß der bis jetzt als typisch geltende Vorgang des Absatzes von Salzlösungen, wobei der Karaboghaz immer zitiert wurde, irrtümlich ist — es sind Hypothesen ohne sichere Grundlagen. Nur eins ist an diesen Meinungen richtig, daß der Karaboghaz eine Masse Salze aus dem Kaspi aufnimmt; dies ist schon von Baer in seinen »Kaspischen Studien« behauptet worden. Die jetzt gesammelten Tatsachen zeigen, daß der Karaboghaz den Salzgehalt des Kaspi um 0.000 39% jährlich oder um 1% in 2564 Jahren erniedrigt.

Es ist schon wiederholt der Plan eines Dammes in der Straße von Karaboghaz ventiliert worden, um dem Verluste des Wassers durch Verdunstung im Busen vorzubeugen, und eine der Aufgaben der Expedition von 1897 war, ein Gutachten über diese Projekte

auszusprechen. Das Resultat ist negativ; die Steigung des Wassers des Kaspi wäre nur unbedeutend, die Verwertung der enormen Ablagerungen eines für viele Industrien so notwendigen Salzes wie Na_2SO_4 würde sehr erschwert werden; jetzt sind sie zu Schiffe sehr zugänglich.

Woeikof gibt noch einige Zahlen. Die Wassermasse des Karaboghaz ist 183 465 000 000 *cbm* und enthält ungefähr 34 178 000 000 Metertonnen Salze. Aus dem Kaspi fließen jährlich ein 33 257 Mill. Kubikmeter, welche 428 000 000 Metertonnen Salze enthalten; sie also vermehren den Salzgehalt des Karaboghaz um 1.25 % jährlich und 100 % in 80 Jahren, im Falle keine Salze ausgeschieden würden. Lebedinzew berechnet ferner, daß, wenn die Verhältnisse so bleiben wie jetzt, nach 200 Jahren die Konzentration des Wassers des Karaboghaz so zunehmen wird, daß eine Ausscheidung von NaCl beginnt, später auch von KCl, also ein russisches Staßfurt in großem Maßstabe. Er findet, daß im großen und ganzen der Karaboghaz günstig auf den Kaspi wirkt. Schon jetzt nimmt das organische Leben nach der Tiefe ab. Würde keine Ablagerung der Salze nach dem Karaboghaz stattfinden, so würde die vertikale Zirkulation der Gewässer noch schwächer werden als jetzt, die Menge Sauerstoff abnehmen, die schon jetzt vorhandenen Bakterien würden die schwefelsauren Salze zersetzen und Schwefelwasserstoff bilden, welcher sich bei Mangel an Sauerstoff ansammelt, bis das Leben schon in einer kleinen Tiefe unmöglich würde, wie schon jetzt im Schwarzen Meere von 100 Faden (183 *m*) an.

Der Aralsee ist auf Veranlassung der Königl. Russ. geogr. Gesellschaft in den Jahren 1900—1902 von L. Berg erforscht worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in einer Anzahl russisch geschriebener Abhandlungen des Genannten niedergelegt. Dr. M. Friederichsen gibt davon einen übersichtlichen Auszug,[1]) dem das Nachfolgende entnommen ist: Der Aralsee liegt zwischen 43° 30′ und 46° 51′ nördl. Br. und 58° 13′ und 61° 56′ östl. L. v. Gr. Sein Areal beträgt nach Berg ungefähr 67 962 *qkm*. Er nimmt also unter den großen Binnenseen der Erde die dritte Stelle ein (hinter dem Kaspisee mit 436 346 *qkm* und dem Obern See Nordamerikas mit 80 800 *qkm*). Sein Spiegel liegt nach dem genauen Nivellement Tillos aus dem Jahre 1874 48 *m* über dem Meeresspiegel.

Das Wort Aralmeer bedeutet »Inselmeer«. Die größte dieser Inseln, Kug-aral, liegt vor der Nordküste; kleiner ist die Insel Nikolaus I. in dem mittlern Teile des Sees. Die Oberfläche aller Inseln zusammen beträgt aber nur 2.3 % des gesamten Seeareales.

Die größte Tiefe des Sees (68 *m*) liegt im Westen unmittelbar an der Küste, während die mittlere Tiefe nur 15 *m* beträgt. Im zentralen Teile des Sees herrschen Tiefen von 20—30 *m*. Die west-

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 120.

lichen und nördlichen Ufer sind steil, und hier finden sich bereits wenige Werst vom Strande Tiefen von 20—30 *m*, dagegen sind die westlichen und südlichen Gestade niedrig und sandig, und die 10 *m*-Isobathe verläuft hier oft bis 63 *km* weit von der Küste.

Die Nordufer des Sees werden durch die 4 Halbinseln: Kulandy, Kara-tübe, Tschubar und Kuk-tschernak in 5 Buchten zerteilt. In das Aralmeer münden die 2 Binnenströme Amu-darja (mit 2512 *km* Lauflänge) und Syr-darja (mit 2863 *km* Lauflänge).

Die Gestaltung der Ufer ist folgende:

1. Im Westen werden die Ufer von dem niedrigen Ust-Urtplateau gebildet, welches sich aus den horizontalen sarmatischen Schichten aufbaut und steil zum Aralsee als echtes Schichtungstafelland abbricht.

2. Im Süden und Nordosten bestehen die Seeufer aus den Delta-Alluvionen des Amu- und Syr-darja (Stromflachland).

3. Im Osten erscheint an den Seeufern Lehm- und Sandwüste.

Die Spiegelschwankungen des Aralsees sind im wesentlichen abhängig von den folgenden Hauptursachen:

1. Dem Schlammtransporte der Flüsse (Amu- und Syr-darja) in den See, durch welchen das Seebecken einer allmählichen Ausfüllung entgegengeht. Nach Bergs Berechnung machen die Sinkstoffe des Amu-darja in 2200 Jahren das Aralseeniveau um 1 *m* steigen. Bei dieser Berechnung ist der Syr-darja unberücksichtigt geblieben. Das uns gut bekannte Wachsen seines Deltas läßt auf eine dem Amu-darja analoge bedeutende Schlammführung schließen.

2. Den periodischen Schwankungen in der Menge des zugeführten Flußwassers. Denn Syr- und Amu-darja bringen im Mai, Juni und Juli das meiste Wasser zum See, dagegen Ende des Winters und im Anfange des Frühjahres das wenigste.

3. Dem jährlichen Gange von Verdunstung und Niederschlag. Nach den Beobachtungen in Kasalinsk fällt das Maximum der Niederschläge mit 202 *mm* im Juli, das Minimum mit 2 *mm* im Januar.

4. Den Klimaschwankungen. Entgegen den ältern Angaben von Butakow und Makschejew, Sjewerzow, Schulze u. a., welche stets von einem Sinken des Aralseespiegels berichteten, konstatiert Berg in neuester Zeit deutliche Anzeichen eines Ansteigens. Viele Inseln, welche auf Butakows Karte 1848—1849 noch mit dem Lande in Zusammenhang waren, sind jetzt völlig vom Ufer getrennt. Im Jahre 1874 hatte General Tillo am Nordwestufer eine Marke 4.5 *m* über dem Seespiegel angebracht. Ein von Berg dort vorgenommenes Nivellement am 30. Juli 1901 ergab, daß sich der Seespiegel seitdem 1.21 *m* gehoben hatte. Diese Erscheinung ist indessen am Aralsee nicht eine lokale, sondern wurde von Berg und Ignatow auch an andern Binnenseen, z. B. im Gouvernement Omsk, für 1900 nachgewiesen. Für den Aralsee begann diese Periode anscheinend 1880 und steht nach Berg einer Periode der Austrocknung in den Jahren 1850

bis 1880 gegenüber. Die Erscheinungen harmonieren mit den Brücknerschen Klimaperioden.

Eine merkwürdige Eigentümlichkeit des Aralsees ist sein geringer Salzgehalt. Nach Bergs Bestimmungen im Jahre 1900 enthalten 100 Teile Seewasser nur 1.05 % Salz. Dementsprechend ist das mittlere spezifische Gewicht des Aralseewassers 1.0080.

In bezug auf die Verteilung der Temperatur im Wasser herrscht beim Aralsee eine ähnliche Schichtung, wie bei allen Süßwasserseen. Die Oberflächentemperatur des Wassers schwankt von Mai bis September zwischen 7 und 27° C. Das Maximum auf dem offenen See beobachtete Berg Mitte Juli mit 26.8°. Die mittlere Oberflächentemperatur für Juli beträgt 23.8.

Das Charakteristische der Temperaturverteilung in den verschiedenen Tiefen ist aber das Auftreten einer sehr deutlichen Sprungschicht. Nach einer Mitte Juli 1900 am Westufer des Sees um $8\frac{1}{2}^h$ a. m. gemessenen Temperaturreihe herrschte in 9 *m* 22.2° C. während bereits 1 *m* tiefer, in 10 *m*, die Temperatur auf 14° gesunken war.

Nahe den Ufern ist der Grund des Sees überall sandig, weiterhin aber schlammig. Die Grenze zwischen beiden Bodenarten bildet ungefähr die 10 *m*-Isobathe. Nahe den Flußmündungen hat dieser Schlamm eine graugelbe Farbe, weiter hinaus eine grauschwarze. In den größten Tiefen (40—68 *m*) findet sich ein sehr zäher, blauschwarzer Schlamm.

Der Tschadsee ist, soweit seine Küste in französischem Besitze ist, von französischen Offizieren erforscht worden. Destenave gibt hiernach eine Schilderung desselben.[1]) Der See hat näherungsweise die Gestalt eines Dreieckes, dessen Grundlinie ungefähr 170 *km*, und dessen Höhe 180 *km* beträgt, und bedeckt eine Fläche von annähernd 20 000 *qkm*. Er ist in einer Wanderung nach Westen begriffen, deshalb ist der seichten Ostküste von Kanem ein dichter Inselkranz vorgelagert, und die Tiefe des Sees überschreitet in seiner östlichen Hälfte nicht 5—6 *m*, beträgt vielmehr meistens nur 1—1,5 *m*; die westliche Hälfte ist 10—12 *m* tief, an der Westküste gibt es nur einige flache und sumpfige Inseln. An der Südostküste bei Hadjer-el-Hamis hat sich der See in den letzten 10 Jahren um ungefähr 1 *km* vom Ufer zurückgezogen. Wegen der fortschreitenden Verlandung und der damit eintretenden Verödung ist das Küstenland Kanem fast ganz von seinen Bewohnern verlassen, die mit ihren zahlreichen Rinderherden auf den sich vor der Küste bildenden Inselgürtel übergegangen sind. Von den Inseln sind nur die höhern, 15—20 *m* aus dem Wasser hervorragenden, bewohnt. Auf ungefähr 80 solcher Inseln wohnen 50 000 Menschen mit 70—80 000 Rindern, welche sie auf den niedrigern Inseln weiden lassen; die niedrigsten

[1]) La Géographie 1903 p. 421. Hettners Geogr. Ztschr. 1903. p. 470.

Inseln ragen kaum über den Wasserspiegel empor und werden von den Inselbewohnern nicht benutzt. Die Bewohner der höhern südlichen Inseln sind seßhaft, sie beschäftigen sich außer mit Viehzucht mit Hirse- und Baumwollbau, deren Produkte sie nach Kanem verkaufen. Die Bewohner der niedrigern nördlichen Inseln sind nomadisierende Viehzüchter, die mit ihren Herden schwimmend von Insel zu Insel ziehen. Je nach der Wassermenge, die der Schari dem See zuführt, verändert sich sein Niveau; im Dezember erreicht der See seinen höchsten Stand, der das gewöhnliche Niveau bis 120 *cm* übersteigt; dann füllen sich die Strandseen mit Wasser, das zur Sommerszeit verdunstet und eine Salzkruste zurückläßt, die von den Eingeborenen gesammelt wird. Der See ist ziemlich fischreich, die Inselbewohner liegen jedoch nur vereinzelt dem Fischfange ob.

Die Seen in Tibet schilderte auf Grund seiner Forschungen an Ort und Stelle Dr. Sven v. Hedin.[1] Auf seiner Reise im Jahre 1896 entdeckte er im ersten großen Längentale südlich des Arka-tag 23 Seen. Fast jeder von diesen Seen bildet den Mittelpunkt eines kleinen abflußlosen Beckens und ist deshalb salzig. Die meisten von ihnen sind langgestreckt und wie die Gebirge von Westen nach Osten ausgezogen. Die Ufer sind flach, nur selten fallen die Gebirge steil ins Wasser hinab. Die mittlere absolute Höhe der Seen beträgt 4913 *m*. Die verschiedenen Becken sind durch ganz niedrige Schwellen voneinander getrennt.

Während im nördlichen Teile von Tibet die Salzseen als Regel betrachtet werden können, finden sich in andern Gegenden des Landes nicht selten Süßwasserseen, die dort fast immer mit einem Salzwassersee in Verbindung stehen. Von dieser gewöhnlichen Kombination führt der Reisende einige Beispiele an.

Zwischen den beiden Kwen-lun-Ketten Kalta-alagan und Arkatag findet sich zuerst das große ausgedehnte Becken der beiden Seen Kum-köll. Der obere östliche Basch-kum-köll, auf 3882 *m* Höhe gelegen, ist süß und hat eine Maximaltiefe von 3.73 *m*. Fast ausschließlich von Quellen gespeist, entleert sich der See durch einen Flußarm, der in den untern salzigen Ajag-kum-köll ausmündet, seitdem er einige Nebenflüsse, wie Sassik-jar und Petelik-darja aufgenommen hat. Ajag-kum-köll ist höchstens 16 *km* breit und 44 *km* lang. Am 18. November 1900 unternahm Sven v. Hedin eine Fahrt diagonal über den See. Die größte Tiefe auf dieser ersten Linie betrug 19.63 *m*. Ungefähr ein Siebentel der ganzen Seeoberfläche war jetzt mit einer 1 *cm* dicken Eiskruste bedeckt. Das offene salzige Oberflächenwasser hatte jetzt eine Temperatur von —0.3° und hinderte also die Schmelzung der Eisrinde. Das Süßwasser, welches von dem obern See und den ausmündenden Flüssen stammt, breitet sich in einer dünnen Schicht über das Salzwasser hin aus

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 344.

und gefriert um so schneller, als der See eben im Osten sehr seicht ist. Wenn das Wetter ruhig bleibt, kann sich diese Eisrinde lange genug erhalten und sich vielleicht weit in den See hinaus erstrecken.

Nach Nordwesten stiegen die Tiefen schnell von 5 *m* bis 24.03 *m* Maximaltiefe. Noch in der Nähe des Nordufers betrug die Tiefe 19 *m*. Die Ufer des Ajag-kum-köll sind flach und fast steril, nur spärliche, trockene Steppenpflanzen kommen vor. Im Osten und Südwesten sind die Ufer sumpfig, sonst bestehen sie aus alluvialem, trockenem Tone oder Schutte. Hier und da steht eine ein paar Meter hohe Uferterrasse. Im Gegensatze zu den südtibetischen Seen, die sich in einem Zustande von starker Desikkation befinden, scheint die Niveaulage des Ajag-kum-köll ziemlich konstant zu sein; die Austrocknung geht jedenfalls verhältnismäßig langsam vor sich.

Im östlichen Tibet erreichte der Reisende einen sehr großen See auf ziemlich flachem Lande, der in einer Höhe von 4765 *m* gelegen ist. Sein Becken ist im Norden von einer Kette, deren Paßhöhe 5111 *m* beträgt, begrenzt, und im Süden von einer gleichen mit 5426 *m*; beide Ketten liegen jedoch in ein paar Tagereisen Entfernung von dem See. Er steuerte nach Südosten über den höchst merkwürdigen See. Im Osten war kein Land zu sehen. Schon von der Wasserlinie an beginnt eine 2—4 *cm* dicke Salzkruste, welche den ganzen Seeboden bedeckt und allmählich mächtiger wird. Sie ist hart wie Stein und liegt auf rotem Lehme und Schlamme. Noch $1^1/_2$ *km* vom Nordufer ist der See so seicht, daß man zu Fuß gehen muß, und dann trifft das 2 *m* lange Ruder fast überall auf den Grund, nur im Süden gibt es $2^1/_2$ *m* Tiefe. Der Boden ist außerordentlich eben, und stundenlang beträgt die Tiefe 2,2—2,3 m; er ist beinahe ebenso horizontal wie die Wasserfläche. Im Vergleiche mit der Ausdehnung breitet sich diese dünne Wasserschicht wie ein Papierblatt über das Hochlandsbecken aus. Das klare Wasser ist so salzhaltig, daß die Skala des Aräometers mehrere Zentimeter über der Wasserfläche stehen blieb. Boot, Werkzeuge und Instrumente wurden kreideweiß, als ob sie in Kartoffelmehl getaucht worden wären; nach Wassertropfen bildeten sich kleine runde Erhöhungen wie aus Stearin. Der See ist auch ebenso steril wie das Tote Meer. Am Nordufer treten einige Süßwasserquellen zutage. Der Salzsee wird hauptsächlich von einem weiter westlich gelegenen Süßwassersee gespeist; dieser empfängt eine Anzahl Bäche, besonders von einem nordwestlich davon gelegenen, sehr mächtigen Gletschermassiv. Der Verbindungsarm zwischen den Seen ist an der engsten Stelle 58 *m* breit, hat eine Maximaltiefe von 3.34 *m* und eine Wassermenge von 47.57 *cbm* in einer Sekunde. Obgleich das Oberflächenwasser mit einer Geschwindigkeit von bis zu 0.85 *m* in einer Sekunde gegen den Salzsee strömt, ist es absolut untrinkbar und hat schon weit von der Mündung ein spezifisches Gewicht von 1.036. Das Salzwasser

steigt also offenbar im Flußarme bis zu einer Schwelle hinauf, um von dort wieder zum Salzsee mitgeschleppt zu werden. Kleine Crustaceen und andere Wassertiere, die mit dem Wasser fortgerissen werden, sterben schon weit von der Mündung.

Ein anderer Salzsee, kleiner als der vorige und mit geringerm Salzgehalte (spez. Gewicht 1.021), ist auch das Endprodukt einer hydrographischen Kombination. Südöstlich davon findet sich nämlich ein Süßwassersee mit sehr geringer Tiefe (selten 3 *m*), östlich von diesem liegt noch ein Süßwassersee, aber viel größer. In diesem lotete der Reisende die größte Tiefe, die er in den tibetischen Seen überhaupt gefunden hat, nämlich 48.67 *m*, und zwar in der Nähe des Nordufers, wo rote Sandsteinfelsen steil hinabfallen. Die beiden Süßwasserseen sind miteinander durch einen Flußarm verbunden, der zur Zeit 23.7 *cbm* Wasser in einer Sekunde führte; in den Salzsee entleeren sich dort die beiden Seen mit 31.7 *cbm* in der Sekunde. Die Seen, die Sven v. Hedin während der Sommerreise 1900 in Tibet besuchte, liegen auf einer mittlern Höhe von 4905 *m*, nur mit einer Ausnahme höher als der Mont Blanc. Die mittlere Paßhöhe der Parallelketten des Hochlandes beträgt 5220 *m*.

Auf der Reise, die er im August 1901 gegen Lassa unternahm, kreuzte er mit Lebensgefahr einen außerordentlich mächtigen Fluß, der, mit Lehm und Schlamm beladen, gegen Südwesten strömte. Es hatte andauernd geregnet, und die Wassermenge war deshalb maximal. Dieser Fluß, der die Nordgrenze der Provinzen Nakktsong und Namru bildet, wurde früher und ungefähr in derselben Gegend von den Reisenden Bonvalot mit dem Prinzen Heinrich v. Orléans und Rockhill gekreuzt. Weiter unten, in der Nähe seiner Mündung in den Selling-tso, haben ihn Dutreuil de Rhins und Littledale passiert. Aber noch auf den letzten Karten von Tibet sind Oberlauf und Unterlauf als zwei verschiedene Flüsse gezeichnet, es ist aber ein und derselbe und heißt Satju-sangpo. Im allgemeinen ist das ganze hydrographische System in der Gegend von Selling-tso, Nakktsong-tso, Tjargut-tso und Addan-tso auf den Karten falsch gezeichnet. Sogar die Namen sind unrichtig, nur Littledale nennt den Selling-tso. Addan-tso fehlt ganz und gar; der See, der den Tjargut-tso vorstellen soll, liegt 30 *km* zu weit vom Selling-tso entfernt, und zwischen beiden ist eine Bodenerhebung gezeichnet, anstatt des Tales, welches von einem Flusse durchströmt wird, der das Wasser des Tjargut-tso dem Selling-tso zuführt.

Südlich des Selling-tso liegt der Nakktsong-tso, ein pittoresker See mit Inseln, Halbinseln und tief eingeschnittenen Busen. Die Landschaft erinnert stark an die nordischen Fjorde, und die Annahme liegt ja nahe, daß die Entstehung der tibetischen Seen einer frühern Eisbedeckung des Landes zu verdanken ist. Ebensowenig wie den Gebrüdern Schlagintweit ist es Sven v. Hedin jedoch gelungen, Spuren einer Glazialzeit zu entdecken. Nach v. Richthofen fehlen sie auch

in Nordchina. Die noch vorhandenen Moränen in Tibet sind in der unmittelbaren Nähe der jetzigen Gletscher, die freilich im Zurückgehen begriffen sind, zu suchen; sonst finden sie sich nirgends. Erratische Blöcke hat er niemals in diesem Hochlande gesehen, und von Gletscherschliffen ist überhaupt nicht die Rede, auch nicht in Gegenden, wo man Veranlassung haben könnte, solche zu erwarten. Es ist aber sehr leicht möglich, daß etwaige Gletscherspuren schon längst verwischt und verschwunden sind. Eine Tatsache ist jedenfalls auffallend, nämlich daß die meisten Seen in der Nähe der höchsten und mächtigsten Gebirgsketten gelegen sind.

In Westtibet, nördlich des Kara-korum-Gebirges, sind die Seen zahlreich, in dem östlichen Gebiete, nördlich und südlich der Fortsetzung des Kara-korum-Gebirges, findet sich ein ganzes Labyrinth von Seen, wovon einer, der Selling-tso, zweifelsohne der zweitgrößte von ganz Tibet ist, wenn Tengri-nor als der größte betrachtet wird. Je weiter man sich gegen Norden und Süden von diesem Gebiete entfernt, desto seltener werden auch die Seen. Ganz und gar hören sie nirgends auf, wie auch überall Gebirgsketten das Hochland durchziehen. Weit von den Hauptketten entfernt tauchen auch einzelne isolierte Gletschermassive auf, deren Gletscherzungen, obgleich kurz, doch ziemlich mächtig sind. In dem südlich des Arka-tag gelegenen Längentale fand Sven v. Hedin endlich eine Reihe von 23 Seen, darunter neun große. In dem noch südlicher gelegenen Längentale war die Zahl der von Wellby entdeckten Seen schon geringer. Noch sind viel zu große Teile von Tibet unbekannt, als daß man etwas mit vollkommener Sicherheit aussprechen dürfte; aber so viel hat Sven v. Hedin doch gefunden, daß die meisten Seen in der Nähe der größten Gebirge liegen. Da fragt es sich, sagt er, ob nicht die Gebirge etwas mit den Seen zu tun haben, oder, mit andern Worten, ob nicht die Seen ihre Entstehung einer Glazialperiode zu verdanken haben. Nicht einer kältern Periode, denn die Kälte ist noch heutzutage streng genug, sondern einer feuchtern Periode. Daß Himalaya, Tien-schan und Hindu-kusch bedeutend stärker vergletschert waren als jetzt, wissen wir. Und daß auch die Seen sich in einem Zustande des Verschwindens befinden, zeigt Sven v. Hedin selbst. Schon die Uferlinien des Selling-tso beweisen, daß dieser See sich verkleinert.

Sven v. Hedin schildert noch mehr Seen, die zur Familie des Selling-tso gehören. Die meisten Salzseen in Westtibet sind kilometerweit vom Ufer mit weißem Salze bedeckt; der Boden sieht oft während mehrerer Tagereisen aus, als ob er mit pyramidenförmigen Schneehaufen bedeckt wäre. Wenn der Wind über diese Salzflächen weht, wirbelt er das staubfeine Salz in Wolken auf, die ebenso intensiv weiß sind wie die Dampfwolken einer Lokomotive.

Die tibetanischen Seen sind sämtlich in Austrocknung begriffen; der Wasserspiegel des Lakkor-tso, der in 4578 *m* Seehöhe liegt, muß voreinst 133 *m* höher gestanden haben als jetzt. In der Zeit, wo

die höchste Abrasionsterrasse von den Wellen des Sees bearbeitet wurde, waren die relativen Höhenunterschiede weniger ausgeprägt; denn man kann als sicher voraussetzen, daß die Austrocknung des Sees schneller vor sich geht als die Zersetzung der umstehenden Gebirge und die Erosion der Täler. Ebensolche, verhältnismäßig tief gelegene Salzbecken finden sich an den Seen Perutse-tso, Luma-ring-tso und Tsollaring-tso und mehrern andern. Alle sind von kolossalen Salzablagerungen umgeben, und überall finden sich die alten Uferlinien. In einigen Busen sind nur einige kleine Tümpel zurückgeblieben, andere sind gänzlich ausgetrocknet, die Seen von der Erdoberfläche schon verschwunden.

Schließlich gedachte Sven v. Hedin der Seen Tso-ngombo und Panggong-tso im äußersten Westen des tibetischen Hochlandes. Diese Seenkombination hat eine Länge von vollen 140 *km* und eine Breite von höchstens 10 *km*, gewöhnlich viel weniger, manchmal nur sogar von 100, ja von 20 *m*. Der Länge nach sind sie natürlich mit den Gebirgen in diesem Teile Hochasiens parallel orientiert, d. h. NNW—SSO. An beiden Ufern verlaufen mächtige Gebirgsketten, und das enge Tal ähnelt einem gewaltigen Flusse oder einem norwegischen Fjorde oder schottischem Firth. Der Tso-ngombo ist süß und zerfällt in drei kleinere und ein großes, sehr langes Bassin. Diese verschiedenen Becken stehen miteinander durch kurze schmale Flußarme in Verbindung.

Auch am Tso-ngombo sind Uferterrassen deutlich. Die höchste von ihnen, die am Nordufer deutlich sichtbar war, liegt 19.5 *m* über der Seeoberfläche und ist im harten Granite so scharf und deutlich ausgemeißelt, daß man glauben könnte, sie sei ein alter, künstlich ausgehauener Weg, eine Vermutung, die natürlich ausgeschlossen ist, da diese Terrassen an beiden Ufern und immer auf genau derselben Höhe sichtbar sind.

Der Panggong-tso hat salziges Wasser, obgleich bei weitem nicht so salzig wie in den zentralen Seen, das spezifische Gewicht war nur 1.0102. Die größte Tiefe betrug 47.5 *m*.

Durch klimatische Veränderungen hat sich dieser See wie alle übrigen in Tibet allmählich verkleinert. Die Desikkation ist so schnell vorgerückt, daß die Erosionsarbeit des abfließenden Wassers damit nicht hat gleichen Schritt halten können. Das Verhältnis ist endlich so weit gekommen, daß der Süßwassersee vom Indnssystem abgeschnitten worden ist. In dieser Weise ist der Indus eines bedeutenden Teiles seines Flußgebietes beraubt worden. Der große Süßwassersee dagegen hat sich immer weiter verkleinert; heutzutage finden wir denselben in 2 Seen geteilt, von denen der untere, abflußlose, bei fortschreitender Austrocknnng immer salzreicher werden wird.

Die Moorgebiete Österreichs behandelt Dr. W. Bersch.[1]) Im Vorarlberg finden sich im Flußlaufe des Rheines und den den Bodensee

[1]) Umlauft, Geogr. Rundschau 1903. 25. p. 197.

umgebenden Niederungen Moore von vielen hundert Hektaren Oberfläche. Sie tragen den Charakter der Flachmoore, sind heute schon zum Teile kultiviert oder werden zur Gewinnung von Brenntorf herangezogen. An vielen Stellen sind sie durch periodisch wiederkehrende Überflutungen mit Erde, Sand oder Gerölle bedeckt, an andern wogen auf ihnen Wälder von Schilfrohr und Riedgräsern, die ihnen ein eigentümliches Gepräge verleihen. Häufig werden die genannten Gräser gewonnen, um nach dem Trocknen als Einstreu in Stallungen verwendet zu werden. Neben diesen Flachmooren gibt es, wie überhaupt in allen Gebirgsländern, auch Hochmoore, die jedoch zumeist in dem gebirgigen Teile des Landes zerstreut liegen.

Tirol ist ein moorreiches Land, dessen Moorreichtum jedoch gegenwärtig weder genau bekannt, noch gebührend ausgenutzt wird. Die zahlreichen Moore wechseln sehr in der Größe, von kleinen Flächen angefangen, die kaum ein Joch groß sind, bis zu ansehnlichen Hochmooren mit einer Ausdehnung von 100 *ha* und darüber sind alle Zwischenstufen vorhanden. Manche dieser Moorflächen sind in Kultur genommen worden und haben dadurch ihren ursprünglichen Charakter vollständig eingebüßt. Das interessanteste Moorgebiet Tirols ist im untern Etschtale. Dort zieht sich entlang dem Flußlaufe der Etsch ein fast ununterbrochenes Moorband, das südlich von Bozen beginnt, bis Salurn, bezw. S. Michele hin. Diese Flachmoore verdanken ihr Dasein der Etsch, die, bevor sie reguliert war, das von hohen, steil abfallenden Felswänden eingefaßte Tal in zahlreichen Armen durchströmte und dadurch alle Bedingungen schuf, unter denen sich die Flora der Niederungsmoore mächtig entwickeln konnte. Freilich besitzen die Torfablagerungen nur eine geringe Mächtigkeit, die nur selten 2 *m* erreicht, und an vielen Stellen ist durch Überflutungen, die ansehnliche Lagen von Gerölle zurückließen, die Moorsubstanz ganz dem Auge entzogen worden. An andern Stellen wieder hat die ihre Ufer verlassende Etsch Lücken in die Torflager gerissen, oder hat den Torf derart mit ungemein feinen Mineralteilchen verschlämmt, daß er nur als »anmoorig« bezeichnet werden kann. Selbstredend haben diese regelmäßig wiederkehrenden Überflutungen schon während des Aufbaues dieser Torflager eine Rolle gespielt, und darauf ist der verhältnismäßig bedeutende Aschenreichtum des Torfes aus dem Etschtale zurückzuführen.

Dieser Reichtum des Moorbodens im untern Etschtale an Mineralstoffen ist die Ursache, daß an eine technische Verwertung des Torfes, beispielsweise zu Heizzwecken, nicht oder doch nur in Ausnahmefällen gedacht werden kann. Doch bedingt sie wieder, daß, im Vereine mit dem ausgesprochen südlichen Klima, das Etschtal in landwirtschaftlicher Beziehung mehr einem lachenden Garten gleicht, als einem Moorgebiete, unter dem man sich gewöhnlich, wenn auch zumeist mit Unrecht, nur eine traurige, eintönige Fläche vorzustellen pflegt.

In den andern österreichischen Alpenländern gibt es auch zahlreiche Torflager, deren Größe ungemein wechselt, und die bald vereinzelt in ein stilles Hochgebirgstal eingebettet sind, bald in größerer Häufigkeit aufeinanderfolgen. In der Mehrzahl der Fälle haben wir es hier mit ausgesprochenen Hochmooren zu tun, die nicht nur durch ihre Ausdehnung und Mächtigkeit, sondern auch durch den Reichtum ihrer Flora überraschen. Wir treffen solche Moore ebenso in den Tälern der Flußläufe, wie im Ennstale, an der Salzach, der Mur u. v. a., als auch hoch im Gebirge, nahe der Baumgrenze, oft eingebettet zwischen herrlichen Waldungen, über welche die Gipfel hoher Berge oder mit ewigem Eise bedeckte Flächen herüberblicken. Doch fehlt es in den Alpenländern auch nicht an geschlossenen Moorgebieten. Ein solches zieht sich beispielsweise von Hieflau ennsaufwärts, ein anderes umgibt Salzburg (Leopoldskronmoos, Bürmoos, Waidmoos usw.). Mächtige Torflager finden sich in der Umgebung von Zell am See, in den steierischen und den kärntnerischen Alpen, auch im Drau- und Glantale. Wohl das moorreichste der Alpenländer dürfte Salzburg sein, und darunter wieder jener Teil, den man als präalpines Hügelland anzusprechen pflegt.

Nicht nur das größte, sondern wohl auch das bekannteste geschlossene Moorgebiet Österreichs besitzt Krain in seinem Laibacher Moore. Es lagert in dem ungeheuren Talkessel, den die Karawanken, aus denen der Mangart und der Triglav hervorragen, die Steiner- und die Julischen Alpen um Laibach bilden, und bedeckt eine Fläche von 16 000 *ha*. Umrahmt von hohen, bewaldeten Bergen, nur selten unterbrochen von Felsinseln, die in ihrer abgerundeten Form den Begräbnisstätten nordischer Helden gleichen, bietet die ungeheure, gleichmäßig grüne Fläche, auf der sich nur wenige armselige Dörfer erheben, keinen dem Auge besonders erfreulichen Anblick. Würde nicht die Triester Linie der Südbahn im weiten Bogen das Moor durchziehen, so würde das Laibacher Moor wohl ebenso ungekannt sein wie zahlreiche andere Moore.

Ursprünglich war das Laibacher Moor ein Hochmoor. Doch ist man allem Anscheine nach schon vor Jahrhunderten daran gegangen, den Torf zu gewinnen, und darauf, daß schon zur Zeit der Römer, ja noch viel früher die Laibacher Moorebene besiedelt war, deuten zahlreiche und mitunter kulturgeschichtlich wertvolle Funde, die im Laibacher Moore gemacht wurden. Durch Abtorfung und durch die Brandkultur, wobei die Oberfläche des Moores im Sommer entzündet wurde, um in der Asche einige armselige Buchweizen- und Hafererernten zu erzielen, wurde die Hochmoordecke bis auf wenige Stellen fast vollständig entfernt. Heute sehen wir fast überall nur mehr das Niederungsmoor, auf dem sich das jetzt zum größten Teile verschwundene Hochmoor aufgebaut hatte. Durch rationelle Kultur, durch Entwässerung und Düngung könnte das Laibacher Moor in üppige Wiesen umgewandelt werden, deren Heu im südlichen Österreich, vorzugs-

weise in Dalmatien, hochwillkommen wäre. Niederösterreich besitzt, wenn auch nicht ausgedehnte, doch immerhin bemerkenswerte Torflager. Sie befinden sich zum Teile im südwestlichen, gebirgigen, zum Teile im nordwestlichen Viertel. Auch unmittelbar vor den Toren Wiens liegt eine rund 300 *ha* bedeckende Moorfläche, die von der Piesting, der Fischa und dem Kalten Gang durchströmt wird und sich bis nahe zum Leithagebirge erstreckt. Wohl das größte, zusammenhängende Moorgebiet Niederösterreichs ist das Schremser Moor, ein Mischmoor von rund 300 *ha* Fläche, das sowohl zur Gewinnung von Torfstreu als auch von Brenntorf herangezogen wird.

Böhmen ist nicht nur ein ungemein moorreiches Land, sondern auch jenes, das sich der umfassendsten Moorstatistik Österreichs erfreuen kann. Das Verdienst, die zahlreichen Moore Böhmens sowohl in naturwissenschaftlicher, besonders botanischer und geologischer Beziehung, als auch in Hinblick auf ihre Lage, Fläche und mögliche Nutzung erforscht zu haben, gebührt Prof. F. Sitensky. Er berechnet die mächtigern Torflager Böhmens auf 15 000 *ha*, werden auch alle kleinen Torflager mit berücksichtigt, so ergeben sich 25000 *ha*. Werden aber auch jene Torfmoore dazu gerechnet, die durch Entwässerung, Kultur oder durch natürliche Überdeckung mit mineralischem Boden in ihrer Flora das Gepräge der reinen Torfmoore verloren haben, und werden ihnen die vielen Torfwiesen und jene anmoorigen Stellen neuern Ursprunges zugezählt, auf denen die Torfflora noch heute üppig gedeiht, so ergibt sich, daß die Torfmoore Böhmens insgesamt eine Fläche von weit über 30 000 *ha* bedecken. Von dieser Summe entfallen auf den Böhmerwald über 5000 *ha*, auf das böhmische Erzgebirge gegen 4000 *ha*, auf das Isergebirge 2000 *ha* und auf das Riesengebirge über 1500 *ha*. Im böhmisch-mährischen Grenzgebirge sind über 2000 *ha* und im Tepler Gebirge ebenfalls etwa 2000 *ha* Torfmoore vorhanden. Auch in den Niederungen Böhmens befinden sich ausgedehnte Torfmoore, so in der Budweis-Wittingauer Ebene gegen 4500 *ha*, in der Oschitz-Niemes-Hirschberg-Habstein-Böhmisch-Leipaer Ebene 1500 *ha* und im mittlern Elbetale etwa 1000 *ha*. In den Randgebirgen Böhmens herrschen die Hochmoore vor, während im flachern Teile des Landes die Flachmoore weitaus häufiger sind. Selbstredend werden viele Torflager Böhmens auch ausgebeutet, obgleich die Nutzung noch lange nicht auf jener Stufe steht, auf welcher sie nach Ausdehnung und Beschaffenheit der Torflager stehen sollte und könnte.

Eine Eigentümlichkeit Böhmens bilden die sogenannten Mineralmoore, die zu Heil- und Badezwecken benutzt werden. Solche Mineralmoore liegen bei Franzensbad, Marienbad, Soos usw., und sie haben zum Teile auch dazu beigetragen, den Ruf böhmischer Bäder über die ganze Erde zu verbreiten. Von den andern gewöhnlichen Mooren unterscheiden sie sich vornehmlich durch ihren Gehalt an gelösten Mineralstoffen, unter denen an erster Stelle Eisensalze,

und zwar vorzugsweise schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) zu nennen sind. Ihre Heilkraft beruht darin, daß sie zusammenziehend auf die Haut wirken und dadurch einen Reiz hervorrufen, der jedenfalls noch durch die gleichmäßige Temperatur unterstützt wird, in der sich ein im Moorbade Liegender befindet.

Auch Mähren ist ein an Mooren reiches Land. Zwar mangelt hier noch eine Statistik, doch ist wenigstens schon der Anfang einer solchen gemacht worden. Es wurde festgestellt, daß sich in 111 Gemeinden Moore befinden.

In Galizien sind die zahlreichen, sich in vielen Windungen durch die Ebene hinziehenden Flüsse, von denen viele gewaltige Wassermassen mit sich führen, wie geschaffen, ansehnliche Moore entstehen zu lassen. Wir treffen sowohl Hochmoore am Nordabhange der Karpathen, als unzählige Flachmoore verteilt im ganzen Lande, und fast jeder der zahlreichen Flüsse hat zur Entstehung eines Moorgebietes Anlaß gegeben. Den Flußläufen folgend, sowohl am San als am Dniester und am Prut, am Bug und am Styr und ihren Zuflüssen, überall treffen wir typische Flachmoorbildungen, die dem Lande einen eigenen Charakter verleihen. Eines der interessantesten Moorgebiete Galiziens ist jenes, das in dem durch die Weichsel und dem San gebildeten Winkel liegt, denn hier wurde nicht nur ein hervorragendes Stück kultureller Arbeit verrichtet, sondern auch der Grundstein zur zweckmäßigen Kultivierung der galizischen Moore überhaupt gelegt. Ein Teil dieses Moorgebietes, die sogenannten Rudniker Sümpfe, wurde im Jahre 1888 von dem Grafen Hompesch übernommen. Damals waren die Rudniker Sümpfe ein wüstes Stück Land, durch das keine Straßen führten, und das nur wenige Monate des Jahres betreten werden konnte. Der Tatkraft des Grafen Hompesch, im Vereine mit seinem getreuen Mitarbeiter J. Koppens, gelang es, mit Unterstützung des Landes und des Staates binnen wenigen Jahren ein vollständig verändertes Bild zu schaffen. Wo früher unwegsame Stellen waren, erblicken wir jetzt üppige Wiesen; prächtig gepflegte Straßen durchziehen das Moor nach allen Richtungen, und aus der unwegsamen Wildnis sind Moorkulturen geschaffen worden, die nicht nur für Galizien, sondern auch für das übrige Österreich und für jene Teile anderer Länder, in denen ähnliche klimatische Verhältnisse herrschen, zum Vorbilde wurden.

Die Bukowina, ein ausgesprochenes Wald- und Gebirgsland, besitzt Moore, unter denen sich zahlreiche Hochmoore befinden. Man geht nun auch daran, sie auszubeuten, genau so, wie es in Galizien schon seit längerer Zeit geschieht. In vielen Moorgebieten Galiziens wird Brenntorf in großem Maßstabe gewonnen, so in Korsow in Ostgalizien, wo man sich maschineller Einrichtungen bedient, und in der Bukowina gedenkt man der Ausnutzung der Hochmoore zum Zwecke der Streugewinnung volle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nicht unerwähnt wollen wir es lassen, daß die Bukowina auch zu Dornawatra ein mit allem Luxus und Komfort eingerichtetes Moorbad besitzt.

Gletscher und Glazialphysik.

Die periodischen Schwankungen der Alpengletscher wurde von F. A. Forel behandelt.[1] Er findet folgende Perioden derselben:

20—30	Jahre	(7 Fälle)
30—40	„	(11 „)
40—50	„	(6 „)
50—60	„	(5 „)

Daraus würde im Mittel eine Periodendauer von 38 Jahren resultieren, was genügend mit der Brücknerschen (35jährigen) Periode der Klimaschwankungen übereinstimmt.

Indessen hält Forel einen Zusammenhang mit dieser nicht für wahrscheinlich, da die bei weitem meisten Alpengletscher so langsame Schwankungen zeigen, daß dieselben sich nicht in eine kurze Periode fügen.

Die Bewegungen des Pasterzegletschers in den Jahren 1900, 1901 und 1902 ist von Dr. H. Angerer in Klagenfurt festgestellt worden.[2] Von 1879—1899 waren die Beobachtungen an diesem Gletscher von F. Seeland verfolgt worden; um nach dessen Tode die Messungen nicht zu unterbrechen, hat Verfasser dieselben wieder aufgenommen und teilt seine Ergebnisse mit. Aus den von ihm mitgeteilten Zahlen ergibt sich, daß sich die Pasterze auch gegenwärtig noch im Rückgange befindet, der schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts (1856) begonnen hat. Ganz vereinzelt findet man in Seelands Messungen bei einer oder der andern Marke gelegentlich Zeichen des Vorstoßes, die sich aber stets als vorübergehende Verhältnisse erwiesen und alsbald wieder ausgeglichen haben. Ob sich das an 3 Marken im Jahre 1902 beobachtete Vorrücken gleichfalls auf örtliche Umstände wird zurückführen lassen oder das erste Zeichen eines nunmehr beginnenden Vorrückens der Pasterze bedeutet, müssen die Beobachtungen in den kommenden Jahren ergeben.

Über den Schuttinhalt von Innenmoränen verbreitete sich H. Heß.[3] Man kann, sagt er, 2 Arten solcher Innenmoränen unterscheiden. Die eine wird aus dem Schutte gebildet, welcher an der eisfreien Oberfläche einer über die Firnoberfläche emporragenden Felsinsel durch mechanische Verwitterung entsteht, am Gletscherrande vom Eise aufgenommen und, vereinigt mit dem auf den eisbedeckten Flanken der Insel erodierten Materiale, der Gletscherzunge zugeführt wird. Der gegen das Ende des Gletschers zutage tretende Moränenstreifen enthält also Rand- und Grundschutt. Die andere Art der

[1] Annuaire du d. A. C. 37. Bern.
[2] Mitteil. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins 1903. p. 231.
[3] Petermanns Mitteil. 1903. p. 34..

Innenmoränen bildet eine ebenfalls auf der Gletscherzunge ausmündende Schuttwand im Eise, welche von einem unter der Firnoberfläche verborgenen Felshindernis ausgeht und den Gletscher der Länge nach durchzieht. Ihr Schuttinhalt besteht nur aus Grundschutt.

Daß solche, von unsichtbaren Felsrücken herstammende Innenmoränen vorkommen, ist außer Zweifel, und schon Forbes und Tyndall haben auf dieselben aufmerksam gemacht. Die Moränen der norwegischen Plateaugletscher, sowie die des grönländischen Inlandeises verdanken ihre Existenz zum großen Teile den vom Eise verdeckten Unebenheiten des Untergrundes, um die die Eisströme herumfließen müssen. Das Auftreten derartiger Innenmoränen ist ein direkter Beweis für die auf dem Untergrunde der Gletscher vorkommende splitternde Erosion, bei welcher größere, mehrere *cdm* messende Trümmer vom anstehenden Gesteine abgelöst werden. Gelingt es, die Größe des Schuttinhaltes einer solchen Innenmoräne zu bestimmen, so kann daraus ein annähernd sicherer Schluß auf den Betrag der Erosion gezogen werden, wenn Bewegungs- und Abschmelzungsverhältnisse des in Frage kommenden Gletschers hinreichend genau bekannt sind.

Die Gletscherbildungen in den Anden von Ecuador.

Prof. Dr. H. Meyer hat eine Reihe der ecuadorianischen Schneeberge bestiegen,[1]) wochenlang in Höhen über 4000 *m* kampiert und die Gletscher und Firnfelder untersucht. Im Gegensatze zu Whymper hat er gesehen, daß sich Schnee und Eis im äquatorial-amerikanischen Hochgebirge beträchtlich von den Gletschern und Firnfeldern unterscheiden und oft ganz eigenartig sind; nicht nur in ihrer innern Struktur, Schichtung, Bänderung, Korngröße, nicht nur in ihren Oberflächenformen — z. B. in den ungeheuren nieve-penitente-Feldern auf den Gipfeln und höchsten Hängen des Chimborazo und Antisana und in den schuppen- oder schindelförmigen Firnmodellierungen auf dem Gipfel des Cotopaxi rund um den Krater —, sondern auch in der Gestalt und Erstreckung ihrer Moränen, in der Art der Wirkung auf den Untergrund u. a. m. Von den Gletschern des Kilimandjaro weichen nach Meyer die der ecuadorianischen Kordilleren in mancher Beziehung ab; in viel mehr Punkten aber ähneln oder gleichen sie einander, z. B. den nieve-penitente-Oberflächenformen und der Moränenbildung. Hier wie dort findet gegenwärtig ein starker Rückgang der Gletscher, eine weitgehende Abschmelzung der Firndecken statt. Der Stübelgletscher z. B. am Norwest-Chimborazo hat seine Zunge 400 *m* hinter die äußerste seiner jüngern Erdmoränen zurückgezogen, und am südwestlichen Antisana sowie am Altar ist das Maß des rezenten Gletscherrückganges noch größer.

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1903. p. 528.

Ganz analog den Verhältnissen in Äquatorialafrika fand Meyer das Vorkommen unzweifelhafter älterer Glazialbildungen tief unterhalb der rezenten. Wie am Kilimandjaro und Kenia, sagt er, so liegen auch hier im Hochgebirge des äquatorialen Amerika konzentrische Endmoränen, geschliffene und geschrammte Felsen usw. als Hinterlassenschaft von Gletschern der jüngsten geologischen Vergangenheit 700—800 *m* unter den jüngern Endmoränen. Sehr gut kann man sie am östlichen Chimborazo, am Altar im Collanestale, am nordwestlichen Quilindaña, am südwestlichen Antisana beobachten. Die Ursachen der aus diesen Dingen sich ergebenden einstigen großen Klimaschwankung hält Meyer nicht für örtliche, sondern für kosmische, von denen die ganze Erde gleichzeitig betroffen wurde.

Die antarktische Eismauer. Während die deutsche Südpolarexpedition, an der Grenze der südlichen Polarzone eingefroren, sich mit meteorologischen und magnetischen Beobachtungen begnügen mußte und nur ein unmittelbar vor ihr liegendes Stückchen Land zu Gesicht bekam, ist es der englischen Expedition auf der »Discovery« unter Scott gelungen, unsere geographischen Kenntnisse der Antarktis in großartiger Weise zu erweitern. Vor allem war es die von Roß in den 40er Jahren entdeckte geheimnisvolle Eismauer, deren Ausdehnung und geophysikalische Stellung die jetzige englische Expedition untersuchen konnte. Scott erreichte das Kap Crozier und fuhr von hier 1000 *km* den Eiswall entlang nach Osten, entdeckte dort das neue König Eduard-Land und kehrte dann zur Viktoriaküste zurück. Es gelang ihm, an einer Stelle an der Eiskante anzulegen, das Eis selbst zu betreten und eine kurze Strecke weit über dasselbe nach Süden vorzudringen, sowie auch durch einen Aufstieg mit dem Fesselballon einen weitern Überblick zu gewinnen. Auf der Suche nach einem passenden Winterhafen in der Nähe des Kap Crozier entdeckte er, daß die beiden berühmten Vulkankegel Erebus und Terror nicht dem Viktorialande selbst, sondern einer Insel angehören, die von jenem durch einen schmalen Meeresarm getrennt ist. In den letztern fuhr er ein und ließ die »Discovery« einfrieren. Im Südherbste und im Südfrühlinge 1902 unternahmen dann Scott und seine Gefährten von dieser Stelle aus eine Reihe von Ausflügen mit Hundeschlitten. Der bedeutendste von diesen war nach Süden gerichtet, währte 94 Tage und erstreckte sich bis 82° 17′ südl. Br. Die »Discovery« konnte im Südsommer 1902—1903 aus dem Eise, das sich im Winter 1902 gebildet hatte, nicht befreit werden und sitzt vermutlich jetzt noch darin fest. Es ging aber inzwischen eine Hilfsexpedition im »Morning« nach dem Süden ab, fand die »Discovery« auf, verproviantierte sie und kehrte dann nach Neuseeland zurück. Scotts Berichte, die dieses Schiff mitgebracht hat, und die jetzt von der Londoner Geographischen Gesellschaft veröffentlicht worden sind, geben eine ziemlich gute Vorstellung von der Natur der großen Eismauer und der hinter ihr liegenden Gletschermasse. Die Eismauer ist der obere, über dem

Meeresspiegel gelegene Teil des Randes einer Hunderte von Metern mächtigen und bei 1000 *km* breiten Eisplatte, die sich südlich von einer gegen Nord konkaven zwischen 77 und 79° südl. Br. gelegenen Linie zwischen dem Viktoria- und Eduardlande ausbreitet. Die Mauer ist bald nur 10, bald bis 90 *m* hoch. Das Meer ist vor der Mitte der Eismauer bei 600 *m* tief und wird gegen die Länder, die sie im Osten und Westen berühren, seichter. Eine vertikale Bewegung des an der Eismauer verankerten Schiffes wurde nicht beobachtet, woraus zu schließen ist, daß die Eismasse, deren Rand die Mauer bildet, nicht am Meeresgrunde festsitzt, sondern schwimmt und, geradeso wie das Schiff, von der Flut gehoben wird, bei Ebbe aber sich senkt. Die Oberfläche der Eisplatte ist im ganzen horizontal, im Norden wellenförmig, im Westen aber flach. Eine deutliche Randkluft trennt die ganze Eismasse von dem Viktorialande. Diese hatte an einer Stelle weit im Süden eine Breite von $1^1/_2$ *km* und war hier mit Eistrümmern erfüllt. Aus diesen Entdeckungen ist zu entnehmen, daß sich zwischen dem Viktoria- und dem Eduardlande eine unter der Meeresfläche liegende Senkung ausdehnt, und daß diese Depression von einer auf dem Meere schwimmenden, stellenweise, wo die Tiefe geringer ist, wohl auch unmittelbar dem Meeresgrunde aufruhenden Eisplatte eingenommen wird, die sich — wie jene große Randkluft zeigt — anders als das dem Lande aufsitzende Eis bewegt. Der Schneezuwachs an ihrer Oberseite überwiegt die Abschmelzung an ihrer Unterseite, was zu einer, der Bewegung unserer Alpengletscher ähnlichen Bewegung der ganzen Eismasse von Süden nach Norden führt. In dem Maße, wie die Eismasse von Süden her anrückt, brechen im Norden kleinere und größere Teile von ihr ab, um dann in Gestalt jener großen tafelförmigen Eisberge, die bis in ziemlich niedere Breiten hinab angetroffen werden, davon zu schwimmen. In kalten und weniger stürmischen Perioden wird die Linie, der entlang diese Abbrechung stattfindet, weiter nach Norden vorrücken, in wärmern und stürmischen Perioden aber nach Süden zurückweichen und so in bezug auf die Lage ähnliche Schwankungen zeigen wie die Stirnen unserer Alpengletscher. Immer aber wird das Ende, der Rand der ganzen Eismasse, eine Bruchfläche sein, deren oberer Teil in Gestalt einer Eismauer über die Oberfläche des Meeres emporragt.

Die Beziehungen des alten Rheinlaufes zum Inlandeise der Glazialzeit hat J. Lorié untersucht und dargestellt.[1]) Von Godesberg bis zur holländischen Grenze konnte er drei diluviale Terrassen erkennen, von denen die untere bei Bonn in 62 *m*, bei Brühl in 25 *m*, bei Köln in 50 *m*, bei Crefeld in 25 *m* und an der holländischen Grenze in 20 *m* Höhe liegt. Die mittlere Terrasse liegt einige Meter höher, und beide sind nach Lorié durch Erosion entstanden. Die mittlere Terrasse wird vielfach von einer obern, steil geböschten Terrasse

[1]) Tydschr. K. Ned. Aard. Gen. 1902 Nr. 2 u. 3.

begrenzt, westwärts die bei Bonn in 162 *m*, bei Köln in 120 *m*, bei Suchteln in 87 *m* und an ihrem Endpunkte bei Weeze in 32 *m* Seehöhe liegt. Die Ostseite der Terrasse zeigt unregelmäßige Höhenlage. Nach dem Verf. sind diese Terrassen Überreste alter Flußbetten in der Eiszeit.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Die Mengen der neuentdeckten Gase in der Atmosphäre sind wiederholt von Ramsay untersucht worden. Da diese Gase nur in sehr geringem Verhältnisse der Luft beigemischt sind, so ist ihre quantitative Bestimmung überaus schwierig. Mit Hilfe eines neuen Apparates gelang es nun kürzlich Professor Ramsay, nicht weniger als 11.3 *kg* flüssiger Luft herzustellen und deren Zusammensetzung zu ermitteln. Es fand sich, daß dieselbe 21.3 *g* Argon enthielt, d. h. 0.0118 % der gasförmigen oder 0.1885 % der flüssigen Luft; ferner 0.028 *g* Krypton, also 0.000014 % vom Gewichte der gasförmigen Luft; endlich 0.0005 *g* Xenon, gleich 0.000 0026 Gewichtsprozente der Luft. Sonach ist ein Gewichtsteil Krypton in 7 000 000 Gewichtsteilen atmosphärischer Luft enthalten, ein Gewichtsteil Xenon kommt dagegen erst auf 40 000 000 Gewichtsteile der Luft. Nimmt man an, daß beide Gase durch die ganze Atmosphäre gleichmäßig verteilt sind, so sind nach diesen neuesten Bestimmungen in der gesamten Erdatmosphäre doch nicht weniger als 800 000 000 000 *kg* Krypton und von dem seltenen Xenon ist noch immer ein Quantum von etwa 140 000 000 000 *kg* Gewicht vorhanden.

Die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in verschiedenen Höhen. Die Luft enthält nach unserer heutigen Kenntnis im wesentlichen acht gasförmige Elemente: Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Kohlensäure, Wasserstoff, Neon, Helium, Krypton. An der Erdoberfläche sind sie in Volumprozenten wie folgt verteilt: Stickstoff 78.03, Sauerstoff 20.99, Argon 0.94, Kohlensäure 0.03, Wasserstoff 0,01, Neon 0.0015, Helium 0.00015, Krypton 0.00010. Da nach physikalischem Gesetze Gase, die nicht chemisch aufeinander wirken, sich in einem gegebenen Raume unabhängig voneinander verteilen, d. h. so, als wenn jedes Gas nur für sich allein vorhanden wäre, so muß die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sich mit der Höhe ändern, und zwar in der Weise, daß die leichten Gase mit zunehmender Höhe immer mehr das Übergewicht über die schweren erhalten. Professor Hann hat einige Berechnungen über die Luft in verschiedenen Höhen veröffentlicht.[1]) Hiernach hat der Wasserstoff in 50 *km* Höhe schon $^1/_3$ der Menge des Sauerstoffes erreicht, in 100 *km* Höhe überwiegt er schon so weit, daß die Atmosphäre dort zu 0.9 aus Wasserstoff besteht. Auch der Heliumgehalt ist dort größer als der Sauerstoffgehalt der Luft. Kohlensäure ist schon in

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903.

50 *km* Höhe das seltenste Gas geworden. Diese Angaben gelten unter Zugrundelegung einer Lufttemperatur von 0°. In Wirklichkeit sind aber die mittlern Temperaturen der Luft in Höhen von mehrern Kilometern erheblich niedriger, in 50 *km* Höhe etwa —60°, in 100 *km* Höhe vielleicht —80°. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache findet Professor Hann, daß 100 *km* über dem Erdboden die Luft fast nur noch aus Wasserstoff (99.4 Volumenprozente) und Helium (0.45 Volumenprozente) besteht. Mit diesem Ergebnis stimmen die spektroskopischen Befunde von Lichterscheinungen in sehr großen Höhen der Atmosphäre überein. Das Spektrum einer Feuerkugel zeigte die Linien des Wasserstoffes und des Heliums, diese Feuermeteore aber leuchten in Höhen von 100—200 *km* auf. Außer den oben angegebenen 8 Gasen findet sich in der Atmosphäre noch als überaus seltenes Element das Xenon; es ist bei weitem das schwerste aller atmosphärischen Gase und auf die untersten Luftschichten beschränkt. Im Spektrum des Blitzes fand Pickering hauptsächlich die Linien des Argons, Kryptons und Xenons, und die Spektrallinien des Nordlichtes entsprechen nach Ramsay den grünen Linien, die das Spektrum des Kryptons charakterisieren.

Lufttemperatur.

Die Schwankungen der mittlern Luftemperatur der Erde sind von Charles Nordmann untersucht worden.[1]) Er beschränkt sich dabei auf die tropischen Regionen und benutzte die seit 1870 angestellten Beobachtungen folgender Stationen: Mauritius, Rodriguez, Bombay, Batavia, Zi-ka-Wei, Hongkong, Manila, Havana, Jamaika, Trinidad, Port-au-Prince, Riff von Pernambuco, Sierra Leone. Für jedes Jahr wird vom Verf. das allgemeine Mittel der Abweichungen vom Mittel aller Stationen, sodann das ausgeglichene Mittel angegeben. Damit wird die Schwankung der Relativzahlen der Sonnenflecke verglichen. Entwirft man eine Kurve, deren Abszissen die Jahre, deren Ordinaten die Zahlen der ausgeglichenen Temperaturmittel bilden, und eine zweite, deren Ordinaten die Sonnenflecke sind, und zwar negativ genommen, so erhält man 2 Kurven von vollkommen parallelem Gange. Auch die eingehendere Prüfung der Kurven bestätigt den Parallelismus beider. Verf. leitet aus dieser Untersuchung folgenden Schluß ab: »Die mittlere Temperatur der Erde ist einer Periode unterworfen, die ziemlich gleich ist derjenigen der Sonnenflecke; die Wirkung der Flecke besteht in der Verringerung der mittlern Erdtemperatur, d. h. die Kurve, welche letztere darstellt, ist parallel der umgekehrten Kurve der Häufigkeit der Sonnenflecke.«

Der antarktische Kältepol. Die englische Südpolarexpedition des Schiffes Discovery hat auf ihrer Winterstation in 77° 49' südl. Br. und 166° östl. L „21 englische Meilen von dem Vulkane Erebus entfernt,

---

[1]) Compt. rend. 86. p. 407.

von Februar 1902 bis Ende Januar 1903 regelmäßige meteorologische Beobachtungen angestellt. Dieselben ergaben als tiefste Temperatur (im August) — 45.8°, als höchste + 3.9° (im Dezember) und als jährlichen Durchschnitt — 17.8°. Diese Mitteltemperatur ist überaus niedrig; zwar hat man in den dem Nordpole nahen Gegenden noch um einige Grade tiefere Mitteltemperaturen beobachtet, allein diese Gegenden liegen alle dem Pole weit näher, als die Station der Discovery. H. Arctowski, der Meteorologe der Belgica auf ihrer Südpolarreise 1898 und 1899, schließt deshalb, daß der antarktische Kältepol eine bedeutend tiefere Temperatur aufweisen muß als der sibirische oder grönländische Kältepol der Nordhemisphäre. Das oben angegebene Temperaturminimum wurde an Bord beobachtet, 3 *km* entfernt fand sich dagegen eine Temperatur von — 52°. Der tiefste auf der Discovery beobachtete Barometerstand war 713.6 *mm*, und Arctowsky schließt daraus beim Vergleiche mit den Beobachtungen der Belgica (1898—1899) und am Kap Adare (1899—1900), daß der Barometerdruck gegen den Südpol hin zunimmt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die große antarktische Eiskalotte von einem Gürtel niedrigen Luftdruckes umgeben ist, innerhalb dessen Zyklone von West nach Ost ihre Bahn beschreiben, also in derselben Richtung laufen wie die Zyklone der nördlichen Gegenden. Im Winter der südlichen Polarzone dreht sich der Wind von Ost gegen Süd und verharrt in Südwest mit der größten Stärke, dann dreht er gegen Ost zurück. Nördliche Winde kommen dort nur im Sommer vor. Die größten Geschwindigkeiten des Windes erreichten 65—70 englische Meilen in der Stunde. Im Winter gab das Barometer keinerlei Andeutungen vom Herannahen eines Sturmes. Die Station der Discovery befand sich in der Nähe der beiden von Roß entdeckten Vulkane Erebus und Terror, die sich aber nicht, wie der Entdecker glaubte, auf einem Festlande, sondern auf einer Insel erheben. Südlich von dieser Insel, in der Nähe einer Landspitze, die den Namen Armitage erhielt, lag die Discovery fest. Westlich davon erstreckte sich die Verlängerung des Viktorialandes: gegen Süden, sie erschien sehr bergig, und das Binneneis erreichte 80 Meilen von der Küste 3000 *m* Höhe, in Gestalt eines ungeheuren Plateaus, das sich gegen Osten und Süden ausdehnte. Der Rauch des 3800 *m* hohen Vulkanes Erebus bildete für die Beobachter der Discovery eine ausgezeichnete Windfahne, und es ergab sich daraus, daß in der Höhe hauptsächlich südwestliche und westliche Winde vorherrschend waren, übereinstimmend mit dem, was früher die Belgica aus den Bewegungen der obern Wolken erschlossen hatte.

Die Wärmeabnahme mit der Höhe an der schottischen Westküste. Im Jahre 1902 wurde von W. N. Shaw und W. H. Dines auf Veranlassung der Kgl. Meteorol. Gesellschaft von der Insel Crinan und vom Deck eines Dampfers im Jura Sund aus (40) Drachenaufstiege

geleitet, um die Luftverhältnisse in der Höhe zu untersuchen.[1]) Die mittlere Wärmeabnahme für je 500 *m* betrug für Intervalle zu 500 *m*:

	0–500	500–1000	1000–1500	1500–2000	2000–2500	2500–3000	3000–3500 *m*
Juli	3.0	2.8	2.2	2.0	2.0	—	—
August	2.6	2.8	2.3	2.1	2.0	2.0	1.7

Die Extreme pro 500 *m* waren 4° und 1°, letzteres mit einer Umkehrung der Temperatur. Es gab eine Temperaturumkehrung mit sehr trockener Luft oberhalb einer Wolkenschicht, bei gleichzeitigen steilsten Gradienten an der Erdoberfläche. Die steilsten Gradienten in den untersten Schichten traten ein bei antizyklonalen Verhältnissen, die dem Herannahen einer Depression vorausgingen. In 50 % der Fälle waren die Depressionen mit einer Verminderung der Wärmeabnahme verbunden. Beim Vorübergange einer Depression auf der Nord- wie auf der Südseite wurde die Luftsäule über Crinan relativ gleichförmiger in ihrer Temperatur und deshalb wohl relativ warm.

Die mittlere Wärmeabnahme mit der Höhe über Crinan pro 100 *m* war folgende:

Höhe der Luftsäule . . .	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500 *m*
Wärmeabnahme per 100 *m*	0.56	0.56	0.52	0.50	0.48	0.46	0.43°

Diese Ergebnisse beziehen sich auf einen mäßig heftigen Wind, also auf bestimmte Wettertypen. Die Gradienten für die höhern Schichten sind deshalb nicht so allgemein anwendbar, als jene für die untern.

Die mittlere Wärmeabnahme aus diesen Beobachtungen ist gleich jener in gesättigt feuchter aufsteigender Luft von 12° bis zu 2000 *m*. Sie entspricht auch der in England üblichen Temperaturreduktion auf ein anderes Niveau, d. i. 1° F. pro 300 engl. Fuß. Zum Schlusse werden die Temperaturunterschiede zwischen dem Gipfel des Ben-Nevis und der Atmosphäre in gleicher Höhe untersucht. Es ergibt sich, daß diese Differenzen stets positiv sind, d. h. daß die freie Luft im Mittel um 2.3° wärmer ist als die Luft auf dem Berggipfel. Die Erklärung wird darin gesucht, daß die Luft von der See her infolge der vorwiegenden W-Winde an dem Berge aufsteigen muß und sich dabei dynamisch abkühlt. Diese adiabatische Temperaturabnahme wird aber über der See in der freien Luft nicht erreicht.

Temperaturumkehrungen in der Höhe der Atmosphäre. Über diese früher nur gelegentlich an Gebirgen beobachtete Erscheinung haben die Beobachtungen am aeronautischen Observatorium bei Berlin zahlreiche Daten geliefert. Prof. R. Assmann berichtet darüber:[2]) Als Temperaturumkehrung wurden alle diejenigen Fälle angesehen, bei denen eine Temperatur vorgefunden wurde, die tatsächlich höher war als die der angrenzenden tiefern Luftschicht; auf den Betrag dieses Unterschiedes wurde keine Rücksicht genommen, ebenso

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 418.
[2]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1903. p. 298.

wurden »Isothermien« außer Betracht gelassen, obwohl sie genetisch mit den Inversionen zusammenhängen.

Eine Übersicht über die Anzahl und Verteilung der aufgefundenen Inversionen gibt folgende Tabelle:

	1902					1903		Summe
	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	
Zahl der Aufstiege	24	33	28	25	26	31	38	205
Zahl der Inversionen	3	8	11	20	17	21	17	97
Inversion in Proz.	12	24	39	80	65	68	45	47.3

»Die Zusammenstellung lehrt, daß bei 47.3% der zugrunde gelegten Aufstiege Temperaturumkehrungen angetroffen wurden.

Ein starkes Anwachsen der Häufigkeit während der Wintermonate ist sehr deutlich ausgesprochen; bei näherer Betrachtung aber erkennt man, daß nicht so sehr die Jahreszeit als der Charakter der Witterung und besonders die Druckverteilung die Häufigkeit der Inversionen beherrscht. Im November und Dezember 1902 und im Januar 1903, welche mehrere längere Frostperioden bei antizyklonaler Druckverteilung hatten, wurden bei $^2/_3$ bis $^4/_5$ aller Aufstiege Umkehrungen vorgefunden, in den übrigen Monaten bei zyklonaler Witterung erheblich seltener. Über die Höhen, in denen die Inversionen angetroffen wurden, gibt die nachfolgende Tabelle Aufschluß, in der dieselben Höhenstufen zugrunde gelegt wurden, wie sie für die täglichen Veröffentlichungen des aeronautischen Observatoriums üblich sind.

Um auch über den Betrag der Umkehrung ein wenigstens angenähertes Bild geben zu können, wurden die »Inversionsgradienten« zwischen den untern und obern Grenzen der Inversionsschichten für die hierzu geeigneten Fälle ermittelt, wobei alle diejenigen Umkehrungen außer Betracht blieben, bei denen die Mächtigkeit der Inversionsschicht eine geringe war.

Höhenstufen in Metern	40 (Station) bis 200	200 bis 500	500 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000	2000 bis 2500
Zahl der Fälle	27	39	35	23	14	6
Zunahme auf 100 *m* Erhebung .	1.74°	1.38°	1.21°	1.07°	1.53°	0.78°

Da die Aufstiege in den Vormittagsstunden zur Ausführung kamen, fallen diejenigen Temperaturumkehrungen fort, welche nach jeder klaren Nacht in den ersten Morgenstunden auftreten und nur auf die unterste Luftschicht beschränkt sind.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Anzahl der Aufstiege bis zu 200 *m* Höhe die größtmögliche, d. h. gleich der Gesamtzahl aller Aufstiege ist, erscheint es bemerkenswert, daß die größte Häufigkeit der Inversionen nicht in diese unterste Schicht, sondern in die beiden darüberliegenden, 200—500 und 500—1000 *m* umfassenden fällt; mit wachsender Höhe scheint dieselbe schnell abzunehmen, obwohl man den dort gefundenen Werten wegen der geringern Zahl der Aufstiege ein geringeres Gewicht beilegen muß.

Immerhin wird man nicht allzuweit fehl gehen, wenn man die zwischen 200 und 1500 *m* liegenden Schichten als diejenigen ansieht, in denen Inversionen am häufigsten aufzutreten pflegen.

Oberhalb von 2500 *m* Höhe wurden solche überhaupt nicht angetroffen, obwohl die Zahl der Fälle, in denen diese Höhe überschritten wurde, 33 beträgt.

Der Betrag der Inversionen nimmt recht regelmäßig mit der Höhe ab; das Wiederanwachsen bei 1500—2000 *m* Höhe muß als unsicher erscheinen, obgleich 2000 *m* in 65 Aufstiegen überschritten wurden; ein gleiches gilt von der Verminderung bei 2000—2500 m Höhe.

Die vertikale Mächtigkeit der Umkehrschichten, welche sich nicht gut in Durchschnittswerten ausdrücken läßt, scheint im Winter, und besonders während der Frostperioden, eine größere gewesen zu sein: am 6. Dezember erstreckte sie sich vom Erdboden bis zu 1000 *m* Höhe, ebenso vom 20.—23. Januar; auch bis zur Höhe von 2000 *m* kamen Inversionsschichten von 1000 *m* Dicke vor. Gemeinhin aber blieb ihre Mächtigkeit unter 500 *m*.

Zur Untersuchung der Beziehungen zwischen den Inversionen und der Verteilung des Luftdruckes wurden dieselben nach den barometrischen Typen und deren Lage zum Beobachtungsorte, Berlin, angeordnet. Die folgende Tabelle gibt hierüber Aufschluß unter Hinzufügung der Häufigkeit in Prozenten, des mittlern Inversionsgradienten auf 100 *m* Erhebung und der mittlern Höhe, in der die Umkehrungen angetroffen wurden.

	Antizyklonen									Übergangsgebiet	Zyklonen
Rand der Antizyklonen . .	Zentr.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Häufigkeit in Prozenten . .	11	14	5	5	3	6	6	11	8	26	6
Mittlere Zunahme auf 100 *m*	0.7°	1.4°	2.0°	1.2°	1.3°	1.7°	0.9°	1.9°	2.2°	1.4°	2.8°
Mittlere Höhenlage in Metern	650	800	960	780	890	480	570	380	330	680	380

Wenn man auch diesen Werten eine allzugroße Beweiskraft nicht zuerteilen darf, geht doch aus denselben das große Übergewicht der Übergangszonen zwischen einer Antizyklone und einer Zyklone deutlich hervor, der sich das Zentrum sowie der Nord-Nordwest- und Westrand der Antizyklonen zunächst anreihen. Der Betrag der Interversion schließt sich der Häufigkeit ziemlich gut insofern an, als er am Nord- und Westrande erheblich größer ist als am Ost- und Südrande. Die Übergangszone weist einen mittlern Betrag, das Zentrum der Antizyklone den kleinsten auf.

Sehr merkwürdig und neu ist die starke Temperaturumkehrung in der Nähe der Zyklonen, welche die aller übrigen Lagen übertrifft.

Die mittlere Höhenlage der Inversionsschicht scheint in der Nähe der Zyklonen und am West-, sowie am Nordrande der Antizyklonen, d. h. dem Gebiete der Zyklonen zunächst, am geringsten, an deren Nord- und Ostseite am größten zu sein; die Übergangszone und das Zentrum der Antizyklone zeigen eine mittlere Höhe.

Bei der Erörterung einer ungewöhnlich intensiven Temperaturumkehrung, welche am 12. und 13. Dezember 1902 angetroffen wurde — am 12. war es in 400 *m* Höhe um 13°, am 13. in 700 *m* Höhe um 9° wärmer als am Erdboden —, war der Verfasser auf das an den Vortagen erfolgte Auftreten gewaltiger Niederschläge aufmerksam geworden, welche in Spanien und Italien verheerende Überschwemmungen hervorgerufen hatten.

Dem Versuche, zwischen den beiden Erscheinungen einen Zusammenhang zu finden, konnte natürlich auf Grund des vereinzelten Falles eine Beweiskraft nicht zugesprochen werden, und deshalb wurde das vorliegende Material im Hinblicke auf ein Zusammentreffen von Inversionen mit großen Niederschlagsmengen durchmustert. Bei der geringen Zahl der Stationen, welche die Seewartenkarte im Süden und Südwesten Europas enthält, konnte die wirkliche Ausbreitung und Intensität der Regenfälle nicht ermittelt werden; es wurden deshalb diejenigen Fälle ausgesucht, in denen mehrere benachbarte Stationen Niederschläge von mehr als 20 *mm* Höhe meldeten, und diese mit den nach der Luftdruckverteilung angeordneten Inversionen zusammengelegt.

Nachfolgende Tabelle enthält die Resultate dieser Untersuchung.

Rand der Antizyklonen		Zentr.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Zahl der Inversionen		10	13	5	5	3	6	6	10	7
Zahl der Fälle mit vorausgegangenen großen Niederschlagsmengen	im W	2	4	—	—	—	—	—	2	4
	im SW	2	—	—	—	1	1	1	3	2
	im S	3	1	1	1	2	3	1	2	1
		7	5	1	1	3	4	2	7	7

Übergangszonen, Rand d. Antizyklonen		Zentr.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zykl.
Zahl der Inversionen		—	4	3	—	1	1	—	5	8	6
Zahl der Fälle mit vorausgegangenen großen Niederschlagsmengen	im W	—	2	1	—	1	—	—	1	2	2
	im SW	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1
	im S	—	1	1	—	—	—	—	2	2	1
		—	3	2	—	1	1	—	3	4	4

Die Zusammenstellung läßt zunächst erkennen, daß von 91 in Betracht gezogenen Fällen von Temperaturinversion 52, also 57 %, mit großen Niederschlagsmengen zusammentreffen, welche am Vortage im Westen, Südwesten oder Süden von Europa niedergegangen sind. Wenn man berücksichtigt, daß ausschließlich große Regenfälle, und diese nur auf einem beschränkten Gebiete in einer mittlern Entfernung von 1000—1500 *km* berücksichtigt worden sind, so dürfte der Schluß berechtigt sein, daß das Resultat ganz beträchtlich über dem Werte einer durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit liegt, und daß man demnach einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den beiden Vorgängen annehmen darf, wie er auch nach theoretischen Betrachtungen vorhanden sein muß.

Eine nähere Untersuchung läßt erkennen, daß der Rand der Antizyklone, an welchem die Inversionen beobachtet wurden, meist derjenigen Gegend gegenüber liegt, in der die Niederschläge stattfinden: am Nord- und Nordwestrande der Antizyklonen fallen am häufigsten im Westen, d. h. in Irland und England, große Regenmengen, am Ost- und Südrande meist in Spanien und Italien; am Westrande und im Zentrum einer Antizyklone sind die entsprechenden Werte ziemlich gleich verteilt. Das Nämliche gilt für die Übergangszonen. Es dürfte daher nicht ganz unbegründet sein, anzunehmen, daß eine gewisse Beziehung zwischen den beiden Vorgängen wirklich besteht.«

Um nun einen, wenn auch nur annähernd richtigen Maßstab für die Bewertung der dynamischen Vorgänge bei den am aeronautischen Observatorium ermittelten Temperaturinversionen zu gewinnen, wurden diejenigen Fälle ausgesondert, bei denen am nächstgelegenen Ursprungsorte der herrschenden Luftströmung, d. h. in der den Strom speisenden Antizyklone, eine nennenswert höhere Temperatur geherrscht hat als in Berlin.

Das Ergebnis ist, daß dies bei 12 Fällen von 93, d. h. bei 13 % derselben festgestellt werden konnte, und daß dieselben fast ausschließlich bei südwestlicher und südlicher Lage der Antizyklone und in der Nähe von Depressionen gefunden wurden.

Eine Auszählung derjenigen Inversionen, die unmittelbar über einer geschlossenen Wolkendecke angetroffen wurden, ergab 32 von 79 Fällen, d. h. 40.5 %, und zeigte, daß dieselben vornehmlich den Übergangszonen, den Zyklonen und dem Nordrande der Antizyklonen angehörten. Nach dem oben Ausgeführten wird man nicht umhin können, dieselben dem Vorhandensein einer obern, aus der Antizyklone stammenden niedersinkenden, über einem dem Zyklonenregime angehörigen aufsteigenden Luftstrome zuzuschreiben. Dieselben lassen auch erkennen, daß der Luftaustausch zwischen den Antizyklonen und Zyklonen keineswegs nach dem gewöhnlichen Schema erfolgt, das ein Ausströmen aus der Antizyklone und ein Zuströmen zur Zyklone nur in den untersten Schichten annimmt, sondern daß auch bis zu größern Höhen absteigende Luftströme sich dem Zyklonenkörper nähern und mannigfache Überlagerungen und Einkeilungen von Luftmassen beider Regime vorkommen.

Die vertikale Wärmeleitung in der Atmosphäre. Prof. A. Schmidt gibt auf Grund seiner Untersuchungen eine von der bisherigen wesentlich abweichende Darstellung dieses Vorganges.[1]) Er entwirft schließlich folgendes Bild der tatsächlichen Verhältnisse und ihres Kausalzusammenhanges: »Aus dem Vorrat der der Atmosphäre besonders durch Strahlung zugeführten Wärmemengen, für welche eine mit der Dichte nach oben abnehmende Volumenkapazität besteht, bildet sich ein ununterbrochen fortdauernder Strom geleiteter Wärme von oben nach unten. Nur in sehr seltenen lokalen und vorübergehenden Fällen hört dieser Strom auf, es besteht an den betreffenden Orten thermisches Gleichgewicht mit einer Abnahme der Temperatur von unten nach oben um 1.4° pro 100 *m*. An Orten, wo der Wärmestrom aufhört oder sich vermindert, weil durch Konvektion Wärme von unten nach oben geführt wird, findet solange eine Verschiebung

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. **6.** p. 156.

der Isothermenflächen statt, die sich über diesen Orten nach oben zusammendrängen. Durch jede Vergrößerung des vertikalen Isothermenabstandes wird der Wärmestrom vertsärkt, durch jede Verminderung verlangsamt. In den Höhen unter 6 *km* findet sowohl wegen der freiwerdenden latenten Wärme des Wassers als auch wegen der erhöhten Absorption von Wärmestrahlen durch den Wasserdampf der Luft eine mit der Jahreszeit veränderliche Wärmezufuhr statt unter nach unten zunehmender Verstärkung des nächtlichen Leitungsstromes, besonders in der warmen Jahreszeit und bei einer mit der Jahreszeit und Tageszeit sckwankenden Höhe der Isothermen. Über dieser Höhe sind die Orte häufigster Verzögerung des Leitungsstromes unter teilweiser Ausbildung labiler Gleichgewichtslagerungen.

Da die Wärmeleitungsfähigkeit der Luft von ihrer Dichte unabhängig ist, aber mit der Temperatur, bezw. mittlern molekularen Geschwindigkeit wächst, so erfordert dieselbe Stromstärke eine um so größere Entfernung der Isothermen bis zu Temperaturumkehrungen, um so stärkere Abweichung vom thermischen Gleichgewicht, je niederer die Temperatur ist. In den Höhen von 6—8 *km* bei etwa —30° nimmt die Temperatur rascher ab als in 13—14 *km* mit Temperaturen von etwa —60°. Dort entspricht einem mittlern Temperaturgefälle von 0.7—0.8° pro 100 *m* eine Entfernung von nur 0.6 vom thermischen Gleichgewichtsgefälle, hier bei fast 0° Temperaturabnahme eine etwa doppelt so starke Abweichung. Es sind also die labilen Lagerungen zwischen 6 und 8 *km* als Hemmungen des vertikalen Wärmestromes zu deuten, die besonders zur Zeit des Spätsommers unter damit verbundener Erhöhung der Isothermen eintreten. Das annähernde Verschwinden aber des Temperaturgradienten in Höhen über 13 *km* (nach Assmann sind bis $19^1/_2$ *km* auch wieder Temperaturabnahmen konstatiert worden) entspringt einer Verminderung der Leitungsfähigkeit der Luft in sehr tiefer Temperatur.

Von dem in unbekannter Höhe über dem Erdboden entspringenden breiten und trägen Strome abwärts geleiteter Wärme kann die Existenz so lange nicht erkannt werden, als ein falsches Wärmeleitungsgesetz den Einfluß der Schwere auf die Wärmeverteilung leugnet. Noch nicht lange ist es her, daß selbst die Erscheinungen an der Mündung des Stromes falsch gewürdigt wurden, und es fast als ein Dogma galt, daß die Atmosphäre außerordentlich diatherman sei, und weitaus den größten Teil ihrer Wärme nicht der direkten Absorption der Sonnenstrahlen, sondern der mit Konvektion verbundenen Leitung vom Erdboden verdanke.«

W. von Bezold hat am Verlaufe des Temperaturganges in den untern Atmosphärenschichten bei Veranlassung der theoretischen Bearbeitung der Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten unwiderleglich nachgewiesen, daß der Boden erheblich mehr abkühlend als erwärmend auf die untern Luftschichten einwirke. »Das ist«, sagt Prof. Schmidt,

»das Morgenrot einer richtigen Erkenntnis. Die Frucht der wissenschaftlichen Ballonfahrten und Drachenversuche wird weiter reifen zu der Überzeugung, daß auch das ,adiabatische' Gleichgewicht noch der Ausdruck einer vertikal von oben kommenden Wärmeleitung ist.

Des Rätsels Lösung aber haben wir erst zum kleinern Teile, die Wärmeleitung der Luft zum Boden genügt bei weitem nicht, die ganze Quantität der der Atmosphäre fortlaufend zugeführten Energie ihr fortlaufend zu entführen.«

Luftdruck.

Der hohe Luftdruck über Sibirien.[1]) Aus den in den Annalen des physikalischen Zentralobservatoriums publizierten Beobachtungen der sibirischen, zentralasiatischen und zum Teile westeuropäischen Stationen sucht L. G. Danilow an Hand der synoptischen Karten über Entstehung und Entwicklungsgang der sibirischen winterlichen Antizyklone, sowie über die Bedingungen, die an ihr Störungen hervorrufen, Aufschluß zu gewinnen. Die Ergebnisse faßt er so zusammen: a) Die Fälle, wo auf der ganzen Erstreckung des asiatischen Kontinents der Luftdruck nicht über 760 *mm* steigt, sind sehr selten und dürften bei der Vermehrung der Zahl der Stationen noch seltener werden, ja ganz verschwinden. b) Im Gegensatze zu den Forderungen der thermischen Theorie stellten sich sowohl die herbstliche Verstärkung der Antizyklone, als auch ihre Vorlagerungen und die Entstehung lokaler Hochdruckgebiete als ganz unabhängig von den vorangehenden Temperaturerniedrigungen heraus; letztere sind vielmehr eine Folge der thermodynamischen Vorgänge der adiabatischen Kompression und Dilatation der Luftmassen, die die Antizyklone als mechanisches System charakterisieren. c) Die sibirische Antizyklone ist nicht stationär im Sinne einer Fixierung der geographischen Lage ihres Zentrums, ist aber sozusagen zeitlich stationär, indem ihr die Eigenschaft einer dynamischen Stetigkeit des Vorganges zukommt, was sich unter anderm daraus ergibt, daß die sie bildenden lokalen Maxima, von seltenen Ausnahmen abgesehen, nicht verschwinden, sondern auf die eine oder andere Art umgeformt werden. d) Alle Verlagerungen der sibirischen Antizyklone stehen im innigsten Zusammenhange mit den vorangehenden Veränderungen der zyklonischen Tätigkeit, wobei eine Verstärkung der zyklonischen Tätigkeit im S eine nördliche Verschiebung der Antizyklone, die Verstärkung im N eine südliche und jedenfalls eine Steigerung des Luftdruckes in ihrem Zentrum bewirkt.

Da nun dieselben Eigenschaften auch einem konstanten Maximum zukommen, dessen dynamische Entstehung außer jedem Zweifel ist, hält es Danilow für möglich, besondere Entstehungsbedingungen für

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 577.

die Halbjahrsmaxima anzunehmen, und hält die sibirische Antizyklone für einen Teil des subtropischen Hochdruckringes, der durch die Bedingungen der Zirkulation über den Kontinentalmassen modifiziert erscheint.

Wolken.

Morphologie der Wolken des aufsteigenden Luftstromes.[1]) K. Mack ist schon früher durch die Untersuchung gewisser Wolkengebilde von überraschend regelmäßiger Form zu dem Schlusse geführt worden, es sei mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß durch atmosphärische Vorgänge horizontale Wirbelringe im großen sich bilden können. Seinen damaligen Untersuchungen lag die Voraussetzung zugrunde, daß dieselben Strömungsgebilde, welche wir im kleinen bei Laboratoriumsversuchen an Flüssigkeiten und Gasen unter gewissen Bedingungen wahrnehmen, auch in der Atmosphäre im großen unter ähnlichen Verhältnissen zustande kommen. Diese Voraussetzung hat seitdem durch Beobachtungen an vulkanischen Rauchwolken eine weitere Stütze gefunden. Da bei solchen Strömungsgebilden den Wirbelbewegungen um horizontale Achsen eine wichtige Rolle zukommt, und da anderseits in Wolkengebilden die von ihm in deren Innern vorausgesetzten Wirbelringe nicht direkt sichtbar waren, so hat er sich in den letzten Jahren bemüht, durch systematisch angestellte Wolkenbeobachtungen womöglich das Vorkommen von Wirbelringen im großen bei Wolkenbildungen direkt festzustellen. Zugleich war seine Absicht, weiteres Beobachtungsmaterial auf dem Gebiete derjenigen Wolkenformen zu sammeln, die mit jenen uns experimental bekannten Strömungsgebilden Ähnlichkeit haben.

Wenn in einer Flüssigkeit oder in einem Gase unter geeigneten Umständen Wirbelringe sich bilden, so müssen für deren Sichtbarkeit besondere Bedingungen erfüllt sein. Diese können durch die Färbung ausströmender Flüssigkeit oder durch die Beimengung von Rauch oder kondensiertem Wasserdampf zu strömender Luft gegeben sein. Aber auch dann sind die Wirbelringe nur in speziellen Fällen als solche sichtbar; in zahlreichen andern Fällen sind sie verhüllt durch anders geformte charakteristische Gebilde, deren Gestalt in gesetzmäßiger Weise durch die Wirbelringe bedingt ist. Es kommen hier hauptsächlich pilzförmige und zylindrische Gebilde in Betracht, zu denen noch Kuppen- und Hornbildungen treten können. Aus dem Auftreten solcher Gebilde ist es möglich, einen Rückschluß auf das Vorhandensein oder Vorhandengewesensein der Wirbelringe zu ziehen.

Die Wolken des aufsteigenden Luftstromes sind diejenigen, welche unter günstigen Umständen die Formen jener Strömungsgebilde zeigen werden. Nach vorstehenden Darlegungen kann man unterscheiden: a) ringförmige Wolken, b) pilzförmige Wolken, c) zylinder- oder turm-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 289.

förmige Wolken, d) Wolken mit kuppen- oder hornförmigen Bildungen. Als 5. Gruppe mögen noch beigefügt werden: e) kalottenförmige Wolkenschleier.

Diese 5 Gruppen behandelt Verf. in der Weise, daß aus dem vorliegenden Beobachtungsmateriale charakteristische Beispiele für die einzelnen Gruppen gegeben werden, und die Entstehung der betreffenden Wolken mit bekannten Laboratoriumsversuchen in Parallele gesetzt wird.

Auf die Einzelheiten der Ausführungen des Verf. kann hier nicht eingegangen werden, es genügt, die folgende von ihm gegebene Zusammenfassung der Resultate anzuführen: »Daß zuweilen Wolkengebilde vorkommen, die lebhaft an Strömungsfiguren erinnern, die durch Auftrieb in sonst rubenden Flüssigkeiten und Gasen gebildet werden, ist eine längst bekannte Tatsache; man begnügte sich jedoch damit, solche Wolkengebilde als vereinzelte Merkwürdigkeiten zu registrieren, ohne aus der in solchen Einzelfällen zutage tretenden Analogie allgemeinere Analogieschlüsse zu ziehen. Wenn man bis jetzt Bedenken trug, die Bewegungsvorgänge bei der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes — regelmäßig wie unregelmäßig geformter — durchgehends in Parallele zu setzen mit jenen experimentell studierten Vorgängen in Flüssigkeiten und Gasen, so lag dies wohl in erster Linie daran, daß das Beobachtungsmaterial an charakteristisch geformten Wolken noch nicht ausreichend erschien, um Schlüsse allgemeiner Natur darauf zu gründen. Die hier vorhandenen Lücken suchte ich auszufüllen durch die in den letzten Jahren von mir angestellten Wolkenbeobachtungen; ich glaube, daß das ursprünglich von andern Beobachtern zusammengetragene, von mir ergänzte Material nunmehr dazu berechtigt, den Satz als erwiesen anzusehen, daß die atmosphärischen Bewegungsvorgänge, welche zu der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes führen, derselben Art sind, wie die bei jenen Laboratoriumsversuchen auftretenden. Hieraus ergibt sich das weitere Resultat, daß Wirbelbewegungen um horizontale Achsen bei der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes und überhaupt bei aufsteigenden Luftströmen eine wesentliche Rolle spielen, welche nicht außer acht gelassen werden darf.

Unter diesen Umständen erwächst die Verpflichtung, die Verhältnisse, die bei solchen im großen vor sich gehenden Wirbelbewegungen um horizontale Achsen vorliegen, genauer zu untersuchen. Daß durch die kreisende Bewegung in solchen Wirbeln ein gestaltbildender Einfluß auf etwa vorhandene Hagelkörner ausgeübt wird, ist sehr wahrscheinlich; aber auch Wirkungen anderer Art sind nicht ausgeschlossen. Eine der nächsten Aufgaben ist wohl, eine genauere Vorstellung von den Geschwindigkeiten zu gewinnen, welche im aufsteigenden Luftstrome vorkommen, da von diesen die Geschwindigkeiten in den Wirbeln abhängen. Manche Umstände scheinen dafür zu sprechen, daß man es hier zuweilen mit recht erheblichen Geschwindigkeiten zu tun hat.«

Niederschläge und Verdunstung.

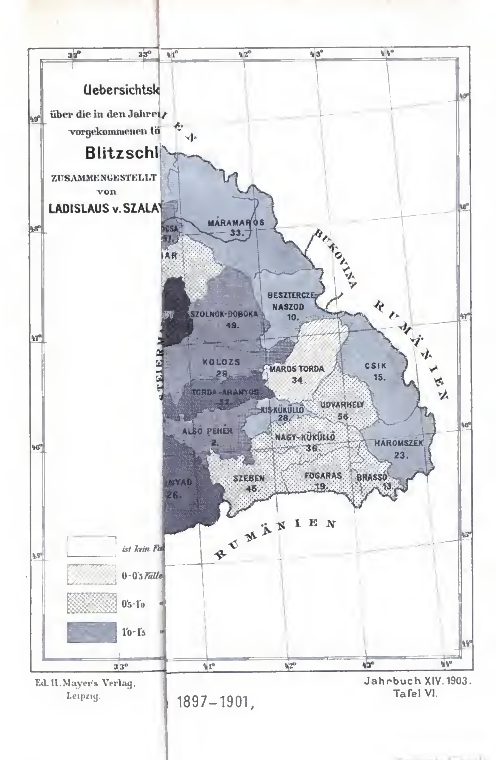
Die Periodizität der Niederschläge ist von William J. S. Lockyer untersucht worden[1]) unter Bezugnahme auf die Brücknersche Periode von 35 Jahren. Lockyer vergleicht die Regenaufzeichnungen auf den Britischen Inseln, in Brüssel, Madras, Bombay, Kapstadt und im Ohiotale, nach den Schwankungen, welche sie anzeigen, mit den Schwankungen der Sonnenflecke. Beide werden durch Kurven dargestellt und deren Verlauf untereinander verglichen. Ein allgemeiner Überblick dieser Kurven, sagt Lockyer, zeigt, daß ohne Zweifel eine langperiodische Variation an allen Stationen vorhanden ist; ferner daß die Maxima des Regenfalles im allgemeinen in den Jahren 1815, 1845 und 1878—1883 eintraten, die Minima in den Jahren 1825 bis 1830, 1860 und 1893—1895.

„Bei der Existenz dieser sehr deutlichen Schwankungen ist es wichtig, zu bemerken, daß das letzte Minimum oder die letzte trockene Periode, welche sehr deutlich ausgeprägt ist in den Kurven für den britischen Regenfall, soeben vorbei oder an dem Wendepunkte zu sein scheint, und daß in allen Fällen eine allgemeine Tendenz zum Aufsteigen der Kurve für die lange Periode vorhanden ist. Wenn diese Gesetzmäßigkeit weiterbesteht, ist es wahrscheinlich, daß das Ansteigen bis zum Jahre 1913 andauert, welches Jahr die Mitte der nächsten feuchten Epoche darstellen dürfte. Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Zunahme wegen der starken oszillatorischen Natur des Regenfalles von einem Jahre zum andern nur einem Mittelwert für mehrere Jahre darstellt; es können verhältnismäßig trockene Jahre auftreten, während die Kurve für die Säkularvariation ein Maximum zeigt, aber im allgemeinen Mittel werden sie wahrscheinlich naß sein.

Welche Ursachen diese lange Witterungsperiode hervorbringen, ist noch nicht ganz bekannt, doch ist es für die Meteorologie von größter Wichtigkeit, daß die Frage sobald als möglich aufgeklärt werde, denn sie bezieht sich nicht nur auf den Regenfall, sondern auch alle andern meteorologischen Elemente zeigen ähnliche Schwankungen.

Brückner suchte den Ursprung dieses langperiodischen Wetterzyklus in Änderungen auf der Sonne, und er untersuchte die damals vorliegenden Sonnenfleckendaten bezüglich einer Periodizität von ungefähr 35 Jahren. Seine Untersuchung war nicht erfolgreich, er schloß jedoch, daß trotzdem diese Variation in der Sonne tatsächlich vorhanden sein müsse, wenn sie auch nicht durch die Sonnenflecken zum Ausdrucke kommt. Vor kurzem hat eine eingehende Untersuchung der Sonnenfleckenbeobachtungen seit dem Jahre 1832, in welchem eine systematische Beobachtungsmethode begonnen wurde, zur Entdeckung einer solchen Periode geführt.[2]) Dort wurde gezeigt, daß jede

[1]) Nature 1903 7. Mai p. 8; Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 423.
[2]) Vgl. dieses Jahrbuch **13**. p. 5.


Uebersichtsk
über die in den Jahren
vorgekommenen tö
Blitzschl
ZUSAMMENGESTELLT
von
LADISLAUS v. SZALAY
1897–1901,
MÁRAMAROS 33.
BUKOVINA
BESZTERCZE-NASZOD 10.
RUMÄNIEN
SZOLNOK-DOBOKA 49.
KOLOZS 28
MAROS TORDA 34.
CSIK 15.
TORDA-ARANYOS 52
KIS-KÜKÜLLŐ 28.
UDVARHELY 56.
ALSÓ FEHÉR 2.
NAGY-KÜKÜLLŐ 36.
HÁROMSZÉK 23.
SZEBEN 45.
FOGARAS 19.
BRASSÓ 13.
26.
RUMÄNIEN
ist kein Fa
0-0·5 Fälle
0·5-1·0
1·0-1·5
Ed. H. Mayer's Verlag. Leipzig.
Jahrbuch XIV. 1903. Tafel VI.

Sonnenfleckenperiode (von Minimum zu Minimum gerechnet) sich in vielen Punkten von der unmittelbar vorausgehenden oder nachfolgenden unterscheidet. In manchen Perioden waren nicht nur die Flecken zahlreicher als in andern, d. h. die Summation der ganzen von Flecken bedeckten Fläche von einem Minimum zum folgenden änderte sich regelmäßig, aber mit diesen partikulären Perioden war ein verhältnismäßig rasches Ansteigen vom Minimum zum Maximum eng verbunden. Diese Änderungen endlich schienen einer regelmäßigen Variation zu unterliegen, deren Zyklus zu ungefähr 35 Jahren ermittelt wurde.

Der Zusammenhang zwischen der Brücknerschen Periode und dieser langen Periode von Sonnenänderungen in 35 Jahren wurde dort in Kürze festgestellt und gezeigt, daß zu jenen 2 Epochen der Sonnenfleckenminima, 1843 und 1878, welche den Zyklen mit der größten Fleckenfläche folgen, der Brücknersche Zyklus für Regenfall ein Maximum hatte.

Die nahe Übereinstimmung der Epochen dieser beiden Zyklen läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß sie in ursächlichem Zusammenhange stehen, was Brückner selbst vermutet und gesucht, aber nicht gefunden hat.«

Luftbewegung, Winde und Stürme.

Untersuchungen über die allgemeine Bewegung in der Erdatmosphäre auf Grund der Cirrusbeobachtungen hat H. Hildebrandsson angestellt.

Die an der Erdoberfläche auftretenden allgemeinen Windverhältnisse sind im großen und ganzen genügend bekannt, allein die obern Luftströme sind es umso weniger. Bezüglich dieser hat man mehr oder weniger plausible Hypothesen aufgestellt, die sich auf die folgenden Grundtatsachen stützen:

1. Die Lufttemperatur, welche durch die Wärme der Sonne bedingt wird, nimmt vom Äquator gegen die beiden Pole hin ab, daher muß in der Höhe der Atmosphäre ein ununterbrochener Wind vom Äquator her stattfinden, an der Erdoberfläche aber umgekehrt ein Wind von den Polen gegen den Äquator hin. 2. Welches immer die Richtung einer Luftströmung, also eines Windes an der Erdoberfläche sein mag, so wird dieselbe durch die Achsendrehung der Erde auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt.

Der erste Grundsatz wurde von Halley 1686 in die Meteorologie eingeführt, um den Ursprung der Passatwinde zu erklären; der zweite von Hadley 1735 zur Erklärung des Umstandes, daß die Passatwinde aus NO und auf der südlichen Erdhälfte aus SO wehen, statt, wie es nach Halleys Theorie sein sollte, aus N und S.

Nach Dove erhebt sich die in der äquatorialen Zone stark erwärmte Luft in Masse bis zu den hohen Regionen der Atmosphäre, und dieses Emporsteigen veranlaßt unten ein Zuströmen der Luft beiderseits gegen den Wärmeäquator hin. Daher fließen die Passatwinde am Boden, indem sie den Gegenden des Wärmeäquators zuströmen. Die solcher Art nach dem Äquator transportierte Luftmenge wird polwärts durch die Antipassate wieder zurückgeführt, die sich von den Tropen polwärts hin mehr und mehr herabsenken, bis sie endlich den Erdboden erreichen. Dann strömt, nach Dove, ein Teil dieser Luft wieder gegen den Äquator hin, indem er die Passate speist, der andere Teil aber setzt seinen Lauf gegen die Pole hin

fort. Winde aus SW oder W herrschen in der nördlichen Erdhälfte auf den Meeren der gemäßigten Zone vor, in der südlichen dagegen Winde aus NW und W, und beide Luftströme sind als Fortsetzungen der zum Boden herabgestiegenen Antipassatwinde zu betrachten. Dieser äquatoriale Luftstrom wird von seinem Ursprunge über den tropischen Meeren her durch hohe Temperatur, große Feuchtigkeit und niedrigen Luftdruck charakterisiert. Während er gegen die Polarregionen vordringt, fließt ein polarer Luftstrom in entgegengesetzter Richtung nach den Tropen zu, und dieser ist kalt, trocken und bringt hohen Luftdruck. Die Witterungsänderungen der gemäßigten Zone sind eine Folge des steten Kampfes zwischen dem Polar- und Äquatorialstrome der Luft. Solcherweise gibt es nach Dove auf jeder Erdhemisphäre eine doppelte atmosphärische Zirkulation. Die eine regelmäßig und vertikal gerichtet, vollzieht sich zwischen dem thermischen Äquator und den Wendekreisen, die andere vom Pole bis zu dem nächsten Wendekreise ist horizontal und unregelmäßiger. Gewöhnlich ist dieser ganze Raum in breite, schräg gerichtete Streifen zerlegt, innerhalb deren die Luft in entgegengesetzten Richtungen dahinströmt, wobei die einzelnen Ströme einander zu verdrängen suchen, und bald der eine, bald der andere vorherrscht.

Der berühmte Hydrograph Maury stellte seinerseits als allgemeine aus den Beobachtungen abgeleitete Tatsachen folgendes auf:

1. Eine Kalmenzone in der Gegend des Äquators. 2. Passatwinde, die aus nördlichen und südlichen Gegenden gegen den Äquator hinströmen. 3. Zonen veränderlicher Winde etwa unter dem 30. Grade nördlicher und südlicher Breite. 4. Antipassate oder Äquatorialwinde, die über den Zonen der Veränderlichen herabsteigen und ihren Weg an der Erdoberfläche bis 60 oder 70° nördlicher, resp. südlicher Breite fortsetzen. 5. Näher gegen die Pole hin sind infolge der Annäherung der Meridiane aneinander diese äquatorialen Winde gezwungen emporzusteigen. 6. Sie kehren als oberer Polarstrom ihre Bewegungsrichtung um, steigen in den tropischen Kalmenzonen wieder gegen die Erdoberfläche herab und unterstützen die Passatwinde.

Hiernach oszilliert jede Luftmenge unaufhörlich von einem zum andern Pole: vom nördlichen Pole ausgehend wird sie nacheinander oberer Polarstrom, NO-Passat, nordwestlicher Antipassat auf der südlichen Erdhälfte und Äquatorialstrom.

In der Nähe des südlichen Erdpoles steigt die Luft von neuem auf, um als oberer Polarstrom zurückzukehren, als SO-Passat, Antipassat aus SW und Äquatorialstrom.

Die beiden obern Luftströme, der Polarstrom und der Antipassat, begegnen sich über den Kalmengürteln unter den Parallelkreisen von etwa 30°. Dort rufen sie eine Luftanhäufung und höhern Barometerstand hervor, dann aber — sonderbarerweise! — kreuzen beide Ströme herabsteigend einander, ohne sich miteinander zu vermischen, und setzen hierauf ihren Weg fort, der eine indem er die Passate, der andere indem er den Äquatorialstrom nährt. Ebenso steigen die beiden Passate über den Gegenden des Wärmeäqnators empor, weil sie mehr und mehr warm und feucht geworden, und durchkreuzen einander wiederum, ohne ihre Luftmassen zu vermischen. Der SO-Passat setzt z. B. seinen Weg in der hohen Region der Atmosphäre fort nnd tritt als Antipassat auf die nördliche Hemisphäre der Erde.

Die im vorstehenden kurz mitgeteilten Theorien von Dove und Maury haben gegenwärtig unter den Meteorologen wohl kaum noch Anhänger. Es genügt zu ihrer Charakterisierung darauf hinzuweisen, daß es durchaus den Grundgesetzen der mechanischen Wärmetheorie entgegen ist, anzunehmen, der äquatoreale Luftstrom könne die Wärme und Feuchtigkeit, welche er ursprünglich über den tropischen Meeren besitzt, behalten, nachdem er in die Höhe emporgestiegen; vielmehr muß er infolge dieses Aufsteigens erkalten und den größten Teil seiner Feuchtigkeit einbüßen. Diese Folge-

rungen aus der Theorie werden übrigens durch direkte Beobachtungen durchaus bestätigt. Hier nur ein Beispiel. Während Angström und Edelstan sich auf der Insel Tenerife aufhielten, um die Stärke der Sonnenstrahlung in verschiedenen Höhen zu bestimmen, haben sie gleichzeitige meteorologische Beobachtungen in diesen Höhen angestellt. So fand sich z. B. am 27. Juli 9 Uhr vormittags zu Sitio de Cullen, nahe dem Meeresstrande und auf dem Gipfel des Pico de Teyde in 3692 *m* Höhe folgendes:

	unten	oben
Barometer	762.2 *mm*,	491.6 *mm*
trockenes Thermometer . . .	„ +23.3°	„ +4.7°
nasses „ . . .	„ +19.7	„ −3.5
absolute Feuchtigkeit	„ 14.5	„ 1.9
relative „	„ 68 %	„ 30 %
Gramm Wasser pro Kubikmeter	„ 14.2	„ 2.0

Demnach nahm also die Temperatur für je 100 *m* Höhenzunahme durchschnittlich um 0.51° ab, und die Feuchtigkeit war oben sehr gering. Wenn die Luft von dem Gipfel des Pico bis zur Meeresoberfläche herabgesunken wäre, so würde sie sich außerordentlich erwärmt haben und gleichzeitig überaus trocken geworden sein, ein wahrer Föhnwind! Was weiter die Mauryscbe Theorie anbelangt, so ist es unverständlich, wie die beiden entgegengesetzten Luftströme einander durchkreuzen könnten, ohne sich zu vermischen.

Außer den obigen sind noch von Ferrel und James Thomson Theorien der allgemeinen Luftzirkulation aufgestellt worden. Ferrel hat drei verschiedene Hypothesen veröffentlicht, und zwar in den Jahren 1856, 1860 und 1884, während Thomson schon 1857 eine Theorie aufgestellt hat, die fast übereinstimmend mit der letzten von Ferrel ist.

Das Ergebnis, zu welchem 1856 Ferrel hauptsächlich auf dem Wege mathematischer Betrachtungen gelangte, ist kurz folgendes. Er nahm 2 Gürtel hohen Luftdruckes rings um die Erde 28° nördlich und südlich vom Äquator und zwei andere, sekundäre unter den Polarkreisen an; dagegen unter dem Äquator ein Gebiet mit niedrigerm und um die beiden Pole zwei andere Gebiete mit noch niedrigerm Drucke. So erschien die Erdoberfläche in 6 Zonen geteilt, jede mit einer ihr eigentümlichen vertikalen Zirkulation der Luft. Nordwärts vom Äquator steigt die vom Passate dorthin transportierte Luft empor und fließt als Antipassat oben bis zu 28° nördl. Br. zurück, sinkt herab und macht den Kreislauf von neuem durch. Nordwärts von der Zone hohen Luftdruckes unter 28° nördl. Br. muß sich die Luft nach NO bewegen, und dadurch entstehen die vorherrschenden SW-Winde unserer gemäßigten Zone. Etwas südlich vom Nordpolarkreise findet sich ein barometrisches Minimum, dort steigt die Luft empor und kehrt als oberer nördlicher Luftstrom zu dem tropischen Gebiete zurück, wo er herabsteigt, und die nämliche Zirkulation wiederum beginnt. Nördlich vom arktischen Polarkreise nimmt Ferrel abermals eine Luftzirkulation an, wobei die Luft gegen den Pol ab- und gegen den Polarkreis hin wieder emporsteigt, um als oberer Luftstrom von neuem gegen den Pol hinzufließen. In ähnlicher Weise würden sich die Luftbewegungen auf der südlichen Erdhälfte vollziehen.

James Thomson setzte 1857 seine Theorie der atmosphärischen Zirkulation vor der Britischen Gesellschaft der Wissenschaften auseinander. Er nimmt über jeder Erdhemisphäre zwei übereinander befindliche Hauptluftströmungen an. Die Luft, welche in den äquatorialen Regionen emporsteigt, fließt als oberer Luftstrom bis in die Gegend des Polarkreises und dann als unterer Polarstrom wieder gegen den Äquator hin. Da indessen die Beobachtungen zeigen, daß im allgemeinen an der Erdoberfläche in den gemäßigten Zonen südwestliche Winde vorherrschen, nimmt Thomson an, daß diese Luftströme nur einer dünnen Schicht der Atmosphäre angehören und eine Art Reaktionsstrom zwischen der nördlichen Luftströmung und

der Erdoberfläche bilden. Diese sämtlichen übereinander gelagerten Luftströmungen erleiden eine Ablenkung gegen Ost und werden darnach südwestlich, nordwestlich und südwestlich. Augenscheinlich könnte man glauben, daß der Polarstrom seine Ablenkung in einen Nordostwind gemäß dem Hadleyschen Gesetze erhielte; allein Thomson nimmt an, daß er gegen O abgelenkt wird, infolge eines aus den äquatorialen Regionen mitgebrachten und noch nicht erschöpften Rotationsmomentes. Die spätern Vorstellungen von Ferrel, besonders dessen Entwicklungen aus dem Jahre 1889, weichen nur in unbedeutenden Details von derjenigen Thomsons ab, und diese Theorie wird noch von mehrern Meteorologen festgehalten. Indessen sind die obern Luftströmungen in den gemäßigten Zonen ganz und gar hypothetisch, und man hat nicht einmal versucht, ihr Vorhandensein durch direkte Beobachtungen zu erweisen.

Im vorhergehenden ist mit den Worten von Prof. H. Hildebrandsson[1]) der gegenwärtige Zustand der Vorstellungen, welche in der Meteorologie über die allgemeine Luftzirkulation herrschen, dargelegt worden. Er geht dann dazu über zu prüfen, was die Beobachtungen über die Luftbewegung in den hohen Regionen der Atmosphäre lehren. Diese Beobachtungen können sich naturgemäß nur auf die Feststellung des Zuges der höchsten Wolken, also der Cirruswolken, beziehen, und hierüber hat Prof. Hildebrandsson schon früher mehreres veröffentlicht.

Diese frühern Untersuchungen ergaben ihm folgendes: 1. In den hohen Regionen der Atmosphäre über den gemäßigten Zonen herrschen Luftströme vor, deren Bewegung durchschnittlich von West nach Ost gerichtet ist. 2. Zwischen den Wendekreisen ist die Bewegung dieser Ströme umgekehrt oder von Ost nach West gerichtet. 3. Die Richtung der obern Luftströmungen scheint im allgemeinen die nämliche zu sein, wie die mittlere Fortbewegungsrichtung der barometrischen Depressionen. 4. Die durchschnittliche Richtung der obern Luftströme steht in keiner direkten Beziehung zu den mittlern Luftdruckverhältnissen an der Erdoberfläche. Die mittlern Luftdruckverhältnisse in einer Höhe von 4000 *m*, wie sie Teisserence de Bort abgeleitet und gezeichnet hat, entsprechen dagegen gut jener obern Luftbewegung, jedoch nicht vollständig, da die Cirruswolken in Höhen von 7000—9000 *m* dahinziehen. Die betreffenden Karten von Teisserence sind reproduziert. Die den Isobaren beigeschriebenen Ziffern bezeichnen den Luftdruck in Millimetern. Die Pfeile zeigen die Richtungen, aus denen an den betreffenden Punkten die Cirruswolken ziehen.

Die Richtung O bis W der obern äquatorialen Luftströmung ist durch die Wolkenbeobachtungen erwiesen, daneben hatte indessen der Ausbruch des Krakatau 1883 dieselbe Tatsache erkennen lassen durch optische Erscheinungen, welche der vulkanische Staub in den höchsten Luftregionen verursachte, und die sich von O nach W in 12—13 Tagen um die ganze Erde zogen. Dies gibt für die Geschwindigkeit der obern Luftströmungen 37 *m* pro Sekunde, was mit den direkten Wolkenbeobachtungen in Washington sehr nahe übereinstimmt.

Prof. Hildebrandsson teilt nunmehr die Ergebnisse seiner Berechnung aller bekannt gewordenen Beobachtungen über die Bewegungen der höchsten Wolken mit.

a) Die Beobachtungen aus der heißen Zone ergeben sowohl für das Gebiet des Atlantischen wie des Großen Ozeans, daß die höchsten Luftschichten der Tropenzone sich fast ohne Ausnahme von Ost nach West bewegen, bisweilen zeigen sich geringe Schwankungen zwischen NO und SO; aber die Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, um das Gesetzmäßige dieser letztern erkennen zu lassen.

[1]) Rapport sur les Observations internationales des Nuages, au Comité internationales météorologique par Hildebrand Hildebrandsson I. Upsala 1903.

b) Die Zonen der Passatwinde. Es wird angenommen, daß der Antipassat auf der nördlichen Erdhälfte überall aus SW, auf der südlichen aus NW weht, und man hat, wie oben mitgeteilt, sogar behauptet, daß dieser Antipassat in den höhern Luftregionen bis zu den Polarkreisen vordringe. Im Atlantischen Ozeane gibt es innerhalb der Region der Passate keine Beobachtungsstation für die obern Luftströme, dagegen befindet sich im Gebiete des SO-Passates das ausgezeichnete Observatorium der Insel Mauritius. Die 20jährigen Beobachtungen von 1877—1897 ergaben, daß daselbst der Antipassat ungefähr aus NW weht, und wir dürfen demnach schließen, daß auf der nördlichen Erdhälfte mitten über dem Gebiete der Passate die obere Luftströmung aus SW kommt. Beobachtungen auf Tenerife ergaben als Richtung des Cirruszuges W 15° S, und 10 Jahre fortgesetzte Cirrusbeobachtungen zu San Fernando (36° 37′ nördl. Br.) westlich von der Gibraltarstraße, zeigen, daß der Antipassat dort noch mehr gegen rechts abgelenkt und fast zu einem reinen W-Winde geworden ist. Zu Lissabon schwankt der Zug der Cirruswolken zwischen W 34° S und W 10° N; es scheint wahrscheinlich, daß diese Station zu Zeiten unter den äußersten nördlichen Ausläufern des Antipassates, bald unter den Regionen der obern Winde der gemäßigten Zone steht. Die Passate, ebenso wie die hohen Luftdrucke der Wendekreise, durch welche sie verursacht werden, schwanken bekanntlich im Jahre auf und ab, indem sie der Sonne nach Norden und Süden folgen. Auf diese Weise wird ein breiter Streifen nördlich vom Wärmeäquator im Winter vom NO-Passat überwebt, im Sommer dagegen in die tropische Kalmenzone aufgenommen. In der Höhe herrscht über diesen Streifen bald der südwestliche Antipassat, bald der östliche Luftstrom der Tropen. Dieser Streifen bildet eine Region oberer Monsune.

In Mexiko ist dieser letztere sehr deutlich entwickelt; in den Monaten November bis Mai strömt die Luft in den obern Regionen aus W 63° S bis W 32° S, in den Monaten Juni bis Oktober aus O 14° S bis O 63° S. Der Passat weht in Mazatlan (an der pazifischen Seite) während der kalten Jahreszeit aus NO, während des Sommers ist er dagegen nach rechts abgelenkt und schwankt zwischen ONO und O. In Havanna (23° 9′ nördl. Br.) ziehen die Cirruswolken im Winter und Frühlinge aus SW, im Sommer aus O; im Herbste ist der obere Wind NW.

Ostindien. Über der Region der Monsune und dem Arabischen Meerbusen ist das Regime der Winde sehr kompliziert. Indien wird von dem eigentlichen asiatischen Festlande durch Bergketten geschieden, deren Gipfel die mittlere Höhe der obern Wolken überragen. Südlich von diesen Hochgebirgen, im Gangesgebiete, sind die Monsune sehr abgelenkt; im Winter weht dort der Wind aus NW, statt aus NO, und im Sommer wird der NW-Monsun ein Wind aus S in den Gegenden nördlich vom Bengalischen Meerbusen, steigt als NO die Gangesmündung hinauf und weht zu Allahabad sogar aus NO. Diese Unregelmäßigkeiten zeigen sich selbst in den hohen Regionen der Atmosphäre. Indessen weht in diesen über dem zentralen Ostindien von Kurachee bis Cuttack fast das ganze Jahr südlich ein oberer Wind aus W, ebenso in Assam. Im Süden des bengalischen Meerbusens zwischen 0 und 10° südl. Br. ist der Zug der Cirruswolken in den Monaten November bis Februar aus S 31° O, dagegen zwischen 0 und 10° nördl. Br. S 39° W. Im Indischen Ozeane liegt also im Winter der Wärmeäquator mit seinem obern östlichen Luftstrome südlich vom geographischen Äquator, und dies ist die Ursache des NW-Monsuns in diesen Gegenden. Im Arabischen Meere finden sich östliche obere Luftströme im Frühlinge zwischen 4 und 16° nördl. Br.; sie verlegen sich im Sommer bis nördlich über den Wendekreis des Krebses und kehren im Herbste wieder gegen den Äquator zurück. Indessen scheint dieses Kommen und Gehen in verschiedenen Jahren verschieden zu sein, doch reichen die bis jetzt vorhandenen Beobachtungen nicht hin, die Erklärung im einzelnen zu studieren.

Die gemäßigten Zonen. Pater Marc Dechevrens hat im Jahre 1885 nachgewiesen, daß in der gemäßigten Zone die mittlere Richtung des obern Wolkenzuges das ganze Jahr hindurch eine westliche ist. Dies hat sich für die ganze gemäßigte Zone in Europa, Nordamerika und Asien bestätigt, und die Monsune Asiens, welche dort das Klima an der Erdoberfläche bestimmen, sind nur Luftbewegungen, welche kaum bis über 4000 *m* Höhe hinaufreichen. Aus der gemäßigten Zone der südlichen Erdhälften liegen nur wenige und unvollständige Beobachtungen vor, sie zeigen aber, daß die Bewegung der Cirruswolken dort auch aus W stattfindet. Sonach ist also zu schließen, daß über den beiden gemäßigten Zonen die größte Masse der Luft bis zur Höhe der Cirruswolken (8000—11 000 *m*) sich in einer Bewegung von W nach O befindet. Mit Ausnahme der tiefern Schichten, besonders in der Region der Monsune, bildet also auf jeder der beiden Erdhemisphären die Luftmasse einen ungeheuren Wirbel um ein den Polen nahes Zentrum. Und ferner, gleich wie in den gewöhnlichen barometrischen Depressionen, bewegen sich die untern Luftmassen gegen das Zentrum hin, während die obern sich davon entfernen. Diese letztere Ablenkung tritt um so mehr hervor, je mehr man sich der Cirrusregion nähert. Die Luftmassen über dieser endlich zeigen keine Wolken mehr. Indessen haben die von Teisserence de Bort emporgesandten kleinen Luftballons in einigen Fällen die Cirrusregion erheblich überschritten und ergaben, daß die Luftbewegung in diesen größten Höhen noch mehr rechts von der in der Cirrusregion herrschenden abgelenkt ist, der Wind dort also aus der westlichen mehr in die nordwestliche Richtung übergeht. Hildebrandsson faßt alles in den Satz zusammen:

In den Höhen der Atmosphäre bis zu den höchsten, welche bis jetzt erreicht wurden, ist die Luft in einer von W nach O gerichteten Bewegung begriffen, mit einer nördlichen Ablenkung oder Komponente, die mit der Höhe zunimmt.

Von den obern südlichen Luftströmungen, die in dem Systeme von Ferrel und Thomson eine so große Rolle spielen, wird also bis in Höhen von 15 und selbst 18 *km* keine Spur angetroffen, und die Luftmasse, die sich über diesen Höhen befindet, ist offenbar sehr unbedeutend. »Man muß daher«, sagt Prof. Hildebrandsson, »ein für allemal die Idee eines vertikalen Luftaustausches zwischen den Tropen und den Polen fahren lassen, einer Zirkulation, die übrigens auch praktisch unmöglich wäre, wenn man bedenkt, wie außerordentlich gering die Höhe dieser Luftschicht im Vergleiche zu den horizontalen Entfernungen ist. Hoffen wir, daß von nun an die »polaren« und »äquatorialen« Luftströme, welche schon so viele Konfusion in der dynamischen Meteorologie angerichtet haben, endlich vollständig aus dieser Wissenschaft verschwinden oder mindestens in dem Sinne, in welchem sie bis jetzt benutzt wurden.«

Die subtropische Zone. Bis jetzt hat man angenommen, daß der Antipassat sich über die Zone hohen Luftdruckes des Wendekreises fortsetzt, um als Äquatorialstrom gegen den Pol hin längs der Erdoberfläche zu fließen oder als oberer Strom. Indessen wurde jetzt konstatiert: 1. daß der Antipassat, sobald er über der Nordgrenze des Passates anlangt, also nahe dem Gipfel des hohen Luftdruckes des Wendekreises (Tenerife, San Fernando, Lissabon) schon so weit nach rechts abgelenkt ist, daß er zum Westwinde wurde; 2. daß die Luft über der gemäßigten Zone in einem gewaltigen Wirbel fortgerissen wird, dessen Zentrum sich in den Polargegenden befindet, wo der Luftdruck am niedrigsten ist, und welcher von W nach O rotiert, während dessen die Luft der untern Schichten sich diesem Zentrum nähert, die der obern dagegen wie bei einem gewöhnlichen Zyklone sich davon entfernt. Unter diesen Verhältnissen müssen wir erwarten, daß die obern Luftströme, die aus dem großen polaren Wirbel heraustreten, dem nördlichen Abfalle der Zone hohen Druckes unter dem Wendekreise zustreben, und diese Region also von 2 Seiten gespeist wird, nämlich südwärts

von dem Antipassat und nordwärts von der nordwestlichen Luftströmung. Das findet nun in der Tat statt, wie die Beobachtungen in Europa, in Indien und Nordamerika klar zeigen.

Prof. Hildebrandsson faßt schließlich das Ergebnis seiner wichtigen Untersuchung in folgenden Sätzen zusammen:

1. Über den Wärmeäquator und der äquatorialen Kalmenregion ist in der Höhe der Atmosphäre das ganze Jahr hindurch ein östlicher Luftstrom vorhanden, welcher in großen Höhen eine beträchtliche Geschwindigkeit zu besitzen scheint. 2. Über der Region der Passate herrscht ein Antipassat, der auf der nördlichen Hemisphäre aus SW, auf der südlichen aus NW kommt. 3. Dieser Antipassat überschreitet nordwärts nicht die Polargrenze des untern Passates und wird auf der nördlichen Erdhälfte, je weiter er vordringt, mehr und mehr nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt, so daß er schließlich zum Westwinde wird über der Zone des hohen Barometerdruckes der Wendekreise, woselbst er herabsinkt und den Passat speist. 4. Die Regionen an der äquatorialen Grenze des Passates treten je nach der Jahreszeit bald in den Passat, bald in die äquatoriale Kalmenzone ein. Darüber in großer Höhe weht ein oberer Monsun, nämlich der Antipassat im Winter und der östliche Äquatorialstrom im Sommer. 5. Von der Zone hohen Druckes unter den Wendekreisen nimmt der Luftdruck durchschnittlich kontinuierlich gegen die Pole hin ab, mindestens bis jenseits der Polarkreise. Dabei ist die Luft der gemäßigten Zonen in einer allgemeinen Wirbelbewegung von W nach O begriffen. Diese Wirbelbewegung scheint von derselben Natur zu sein wie diejenige der gewöhnlichen Zyklone, indem die Luft in den untern Schichten sich dem Zentrum nähert, die der obern aber davon entfernt, und zwar zunehmend mit der Höhe über dem Boden bis zu den höchsten Regionen, über die uns noch Beobachtungen zur Verfügung stehen. 6. Die obern Luftschichten der gemäßigten Zonen breiten sich über die Regionen des hohen Luftdruckes der Wendekreise hin aus und sinken dort herab. 7. Die Unregelmäßigkeiten der Luftbewegung, welche man an der Erdoberfläche besonders in der asiatischen Monsunregion antrifft, verschwinden im allgemeinen schon in den Regionen der mittlern Wolken. 8. Die Ferrellsche und Thomsonsche Hypothese der vertikalen Zirkulation der Luft zwischen den Wendekreisen und den Polen muß völlig aufgegeben werden.

Prof. Hildebrandsson geht nicht auf die Ursache der von ihm nachgewiesenen Luftzirkulation in der Atmosphäre ein, doch hebt er hervor, daß Prof. Dunér durch seine spektroskopischen Untersuchungen[1]) eine ganz ähnliche Zirkulation in der Sonnenatmosphäre nachgewiesen hat, nur sind dort die Luftströme die entgegengesetzten. Dunér hat bewiesen, daß die Rotationsgeschwindigkeiten unter den verschiedenen Parallelkreisen auf der Sonne verschieden sind, die Geschwindigkeit ist am größten unter dem Äquator und nimmt gegen die Pole hin ab. Dies beweist, daß dort unter dem Sonnenäquator eine von W nach O gerichtete Strömung vorhanden ist und polare Wirbel, die sich von O nach W drehen.

Schließlich bemerkt Prof. Hildebrandsson, daß die Richtung, in der sich die obern Luftströme in der Erdatmosphäre bewegen, nahezu mit der der durchschnittlichen Bewegungsrichtung der barometrischen Depressionen zusammenfällt. Daher sei es wahrscheinlich, daß diese letztern oder wenigstens ein großer Teil derselben als Satelliten der großen atmosphärischen Strömungen entstehen. Zu diesem Zwecke würde es genügen, daß ein Teil irgend einer Strömung eine größere Geschwindigkeit besitzt als die vor ihm befindlichen Massen, um den Überschuß an Energie dieses Teiles in drehende Bewegung zu verwandeln, gerade so, als wenn dieser Teil auf eine Wand gestoßen wäre. Übrigens habe man schon beobachtet, daß die Geschwindig-

[1]) Acta Soc. Reg. Sc. Upsala 1891.

keit der obern Luftströme oft größer auf der Rückseite als auf der Vorderseite einer Depression sei. Auf diese wichtigen Fragen gedenkt Prof. Hildebrandsson später zurückzukommen.

Über die Bewegungen der Zyklone und Antizyklone machte John Aitken einige Bemerkungen.[1] Er weist darauf hin, wie die täglichen Wetterkarten zeigen, daß wenn eine Depression aufgetreten ist, die von Winden umweht wird, welche ungleich heftig sind, sie sich nach der Richtung fortbewegt, in welcher die heftigste Luftströmung liegt. Mit andern Worten heißt dies: die Bewegung des Zentrums der Zyklone erfolgt parallel den Isobaren, die an der Seite des stärksten Gradienten liegen. Die Bewegung ist ferner um so rascher, je größer der Unterschied in den Gradienten an den beiden entgegengesetzten Seiten der Zyklone ist, während bei nahezu gleicher Windstärke die Zyklone stationär bleibt. Diese Schlußfolgerungen von Aitken sind übrigens in solcher Allgemeinheit nicht zutreffend, wie jeder weiß, der die täglichen synoptischen Wetterkarten auch nur eines einzigen Jahres durchstudiert. Auch beschränkt Aitken schließlich seine Behauptung auf die Zyklone mit kreisförmigen Isobaren, meint aber die Zyklone mit elliptischem Querschnitte, welches die meisten sind, verlängern sich diese nach der Richtung der stärksten Winde. Die Frage, weshalb die meisten über Europa hinwegziehenden Zyklone sich in nordöstlicher oder östlicher Richtung bewegen und rascher in dieser statt in anderer, beantwortet er durch den Hinweis auf eine besondere Disposition der Lage der Antizyklone. Die beiden barometrischen Hochdruckgebiete, welche die Bewegung der über Nordwesteuropa ziehenden Zyklone regeln, liegen das eine südwestlich von Spanien, das andere über Nordasien. Das eine wirkt daher durch die Luftströme seiner nördlichen Seite, das andere durch diejenigen seiner südlichen. Im ersten Falle sind es also Winde, die ursprünglich aus niedrigen Breiten kommen und daher eine größere östliche Bewegung besitzen, als derjenigen entspricht, welche der Gegend angehört, über der sie herabkommen, außerdem partizipieren sie an der in der Höhe herrschenden Luftbewegung vom Äquator gegen die Pole. Im südlichen Teile einer Antizyklone sind diese Verhältnisse ganz andere; daher wirkt die südwestlich liegende Antizyklone durch ihre intensivsten Luftströme auf die Bewegung der Zyklone, die nordöstlich liegende durch ihre schwächsten. Der Einfluß der erstern muß also überwiegen, und die barometrischen Minima, welche zwischen beiden passieren, werden daher die von der ersten ihnen aufgedrückte Bewegungsrichtung einschlagen, vorausgesetzt, daß die Winde, welche sie bedingen, aus W und SO kommen. Außerdem ist die nördliche Antizyklone im allgemeinen weniger bedeutend und fehlt bisweilen ganz.

---

[1]) Transact. Royal Soc. of Edinburgh **40.** part. I Nr. 7.

Die Luftströmungen auf dem Gipfel des Säntis und ihre jährliche Periode sind von Prof. Hann untersucht worden.[1] Der Säntisgipfel (2504 *m* über dem Meere) ist die einzige meteorologische Gipfelstation 1. Ordnung, von welcher eine längere Reihe von anemometrischen Aufzeichnungen publiziert und teilweise bearbeitet vorliegt. Der Verf. hat deshalb diese wertvolle Beobachtungsreihe zu einer Untersuchung benutzt nach der Richtung, inwieweit sich aus derselben einige Resultate betreffend die Zirkulation der Atmosphäre ableiten lassen möchten. Es wurden zu diesem Zwecke zunächst aus den für 16 Windrichtungen publizierten Windwegen die Größe der 4 Komponenten für die 12 Monate berechnet, und zwar für jedes der 3 Lustren 1886—1890, 1891—1895 und 1896—1900 besonders, um die Tragweite der Mittelwerte für die gesamten 15 Jahrgänge beurteilen zu können. Es zeigte sich dabei, daß die Übereinstimmung der jährlichen Periode der Komponenten in jedem der 3 Lustren eine sehr große ist, und deshalb folgende allgemeine Resultate feststehen.

Die Nordkomponente erreicht ihren größten Wert im Januar und Februar und den kleinsten im Juli und August. Sie bleibt in den 6 Monaten Juni bis November unter dem Jahresmittel, von Dezember bis Mai hält sie sich über demselben, im April ist die Abweichung nahezu Null. Die Ostkomponente hat fast dieselbe jährliche Periode wie die Nordkomponente, das Maximum im Winter ist aber viel stärker ausgeprägt, ebenso das Minimum vom Juni bis zum September. Der Gegensatz zwischen Winter- und Sommerhalbjahr tritt entschieden hervor (April bis September bleibt unter dem Mittel).

Die Südkomponente hat einen noch stärker hervortretenden jährlichen Gang, sie bleibt unter dem Jahresmittel von März bis August und hält sich über demselben von September bis Februar. Maximum Oktober und November, Minimum Juni.

Bei der Westkomponente ist die jährliche Periode weniger regelmäßig, aber ganz entschieden treten auf: ein sehr großes Maximum im Juli und August und ein ebenso großes Minimum im April und besonders im Mai.

Der Verfasser sucht auch die Beziehungen aufzudecken zwischen dieser jährlichen Variation der Windkomponenten und der Luftdruckverteilung im Meeresniveau, die im allgemeinen ziemlich gut zu erkennen sind, so daß also im Niveau von $2^1/_2$ *km* die Druckverteilung nicht viel abweichen kann von jener am Meeresniveau.

Von den zwei zusammengesetzten Komponenten S—N und W—O erreicht erstere ihren kleinsten Wert im Mai und ihren größten im Oktober, letztere hat ebenfalls ihr Minimum im Mai, ihr Maximum aber im Juli und August.

---

[1]) Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien, Sitzung v. 2. April 1903 **10**. p. 87.

Die Hauptresultierende ist W 29° S und variiert nur wenig im Jahre. Sie ist am südlichsten im Oktober und November (W 41° S) und am meisten rein westlich im Juni und Juli (W 20° S).

Aus den Abweichungen der Monatswerte der Komponenten vom Jahresmittel werden dann gleichfalls die resultierenden Windrichtungen berechnet, welche den Einfluß der Jahreszeiten auf die Ablenkung der Windrichtungen vom Jahresmittel rein zum Ausdrucke bringen, also die Winde der Jahreszeiten darstellen, nach Eliminierung des mittlern Druckgefälles. Dabei ergibt sich, daß im Winter die mittlere Windrichtung nordöstlich wird, im Sommer ziemlich rein westlich, im Herbste (September bis Oktober) südlich bis südöstlich. Die Jahreszeit allein würde vom Dezember bis zum Mai inklusive O- und NO-Winde hervorrufen, während im Sommer fast rein westliche Winde, im September SW-Winde und im Oktober und November Südwinde mit leichter Ablenkung nach O wehen würden.

Es wird ferner gezeigt, daß es sich in Wien ganz ähnlich verhält, den Winter ausgenommen, der hier SW-Winde hat (oben NO), sonst ist die Übereinstimmung auffallend groß.

Der Verfasser weist dann nach, daß die monatlichen Abweichungen der Druckverteilung über Europa vom Jahresmittel mit diesen »Winden der Jahreszeiten« in guter Übereinstimmung sich befinden, wenn auch im einzelnen wenigstens scheinbare Abweichungen vorkommen.

Elektrische Lufterscheinungen.

Die Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre ist von Prof. Dr. P. Czermak seit Dezember 1901 in Innsbruck systematisch studiert worden. Er stellt nun die Ergebnisse von etwa 1800 Einzelbeobachtungen zusammen, begleitet von vielen Diagrammen, welche den Verlauf der Elektrizitätszerstreuung in der täglichen und in der jährlichen Periode und bei verschiedenen Witterungsverhältnissen zur Anschauung bringen. Die wichtigsten Ergebnisse sind: 1. Die Elektrizitätszerstreuung besitzt einen deutlichen jährlichen Gang, im Winter treten die kleinsten, im Sommer die größten Werte auf. 2. Desgleichen ist ein deutlicher täglicher Gang ausgesprochen mit einem auffälligen Minimum zwischen 11 und 12 Uhr mittags und einem Maximum am Nachmittage zwischen 3—5 Uhr. 3. Kurven, die vielleicht als normal betrachtet werden dürfen, scheinen für eine doppelte tägliche Periode der Elektrizitätszerstreuung zu sprechen, mit einem 2. Minimum in der Nacht und einem 2. Maximum um 8 Uhr morgens herum. 4. Bei Föhn tritt eine starke Zunahme der Zerstreuung ein, am deutlichsten in den Wintermonaten; die größten Werte der Zerstreuung treten aber an Tagen mit starker Kumulus- und Gewitterbildung auf, also bei lebhafter aufsteigender Luftbewegung. 5. Korrespondierende Beobachtungen auf dem Patscher Kofel und zu Innsbruck ergeben die schon bekannte Zunahme der

Elektrizitätszerstreuung in der Höhe mit starkem Überwiegen der Zerstreuung negativer Elektrizität und eine Verspätung der täglichen Extreme. Der Verf. ist geneigt, der aufsteigenden Luftbewegung eine große Rolle zuzuschreiben bei den Änderungen der Elektrizitätszerstreuung und weist dabei hin auf die von Elster und Geitel, sowie von Ebert nachgewiesene starke Ionisierung der Bodenluft. Im Winter, wenn der Boden kälter als die Luft und mit Schnee bedeckt ist, kann die Wirkung der Bodenluft nicht zur Geltung kommen.

Untersuchungen über die Schadenblitze in Ungarn hat L. von Szalay angestellt[1]) als Fortsetzung seiner vor 2 Jahren veröffentlichten Blitzstatistik Ungarns in den Jahren 1890—1900. Im ganzen stand ihm jetzt eine Reihe von 29 Jahren zur Verfügung, doch beschränken sich seine Untersuchungen zum Teil auf die Jahre 1897—1901. Die Gesamtzahl der zündenden Blitzschläge während der Jahre 1873—1901 beträgt für Ungarn 6790, in den Jahren 1896—1900 beträgt sie 1607, im Jahre 1901 allein 996, darunter 197 Fälle mit tödlichem Ausgange. Verf. faßt seine Ergebnisse in folgendes Schlußresultat zusammen:

A. Tödliche Blitze. 1. In den Jahren 1897—1901 hatte der Blitz 798 Menschen getötet; dies entspricht einem jährlichen Mittel von 159.6 Fällen. 2. Die im Jahre 1901 vorgekommenen tödlichen Blitzschläge zeigen — im Verhältnis zu den frühern Jahren — ein Ansteigen der Fälle, indem deren Zahl zwischen 147—158 variierte, hingegen im Berichtjahre sich auf 197 erhöhte. 3. Die Einwohnerzahl in Ungarn betrug nach der Volkszählung vom Jahre 1901 16 721 574 Seelen, daher entfallen auf 1 Million Einwohner 9.57 tödliche Fälle. 4. Durch Blitz wurden im Jahre 1901 127 Männer, 11 Knaben, 46 Frauen und 13 Mädchen getötet. 5. Die größte Zahl lieferten hierzu die mit Landwirtschaft sich beschäftigenden Leute. Es waren unter diesen 10 Landwirte, 48 Landmänner, 28 Feldarbeiter, 9 Knechte, 7 Schäfer, 4 Hirten, 3 Ochsenhirten, 1 Schweinehirte, 1 Roßhirte, 1 Kutscher, 1 Gärtner; außerdem waren 29 Landmannsfrauen, 15 Feldarbeiterinnen und 2 Schäferinnen; insgesamt 159 Personen. Von einem andern Berufe Angehörenden wurden 2 Kaufleute, 1 Zimmermann, 5 Grubenarbeiter, 2 Töpfer, 2 Glöckner, 1 Straßenräumer und ein Bettler, also zusammen 14 Erwachsene, ferner 3 Schulknaben, 1 Schulmädchen, 8 kleinere Knaben und 12 kleinere Mädchen vom Blitze getötet. Die gesamte Zahl der männlichen Opfer betrug 138, die der Frauen 59. 6. Die Opfer wurden unter folgenden Umständen vom Blitze ereilt: 106 im Freien, 43 unter Dach, 28 unter Bäumen, 4 unter Tristen, Schobern und unter Fruchtgarben, 2 unter getrockneten Maisstengeln, 2 in Türmen während des Läutens, 3 während der Flucht auf offenem Felde, 2 an die

[1]) Jahrbuch der Königl. ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie 1903. 31. Teil III.

Wand sich lehnend, 1 unter der Türschwelle, 2 im Bergwerke, 1 im Wagen während der Fahrt. 7. Der Anzahl nach kamen im Komitat Pest während der 5 Jahre die meisten (37) Fälle vor, hingegen nach der Dichtigkeit der Bewohner steht das Komitat Gömör und Szilágy am ersten Platze, denn im erstern entfällt auf 38 283, im letztern auf 38 327 Einwohner ein tödlicher Blitzschlag. Am glücklichsten ist das Komitat Esztergom, denn hier kam während der verflossenen 5 Jahre kein einziger Fall mit tödlichem Ausgange vor.

B. Sonstige Schadenblitze. 1. In dem Zeitraume der Jahre 1873—1901 kamen in Ungarn 6790 zündende Blitzschläge vor. 2. Aus dem 29 jährigen statistischen Resultate der zündenden Blitze ergibt sich ein Jahresmittel von 234 Fällen. 3. Im Jahre 1901 kamen in Ungarn 502 Brand und 494 sonstigen Schaden verursachende Blitze vor. 4. Der durch Blitz in beweglichem und unbeweglichem Gute, sowie im Viehstande verursachte Schaden beträgt 951 670 Kronen. 5. Die Blitzschläge waren nach Zahl im letzten Jahre am häufigsten im Komitate Bihar, wo insgesamt 45 Fälle vorkamen, darunter 28 solche, die Brandschaden verursachten. Die Komitate Lipto, Maros-Torda, Sáros und Udvarhely wurden von zündenden Blitzschlägen in diesem Jahre verschont. Die kleinste Anzahl der zündenden und sonstigen Schadenblitze haben die Komitate Csik, Moson und Turocz aufzuweisen. 6. Am häufigsten kamen die Blitzschläge im Monate Juli vor, und zwar mit 328 Fällen, welche bereits das Drittel der jährlichen gesamten Fälle betragen. Dagegen sind die Monate Januar, Februar, Oktober, November, Dezember von solchen frei geblieben. 7. Die meisten Fälle hat der 24. Juli aufzuweisen, denn an diesem Tage kamen insgesamt 30 Fälle vor. 8. Nach Stunden des Tages konzentrierten sich die meisten Fälle (247) auf die Nachmittagsstunden von 2—4 Uhr, die wenigsten (11) Fälle auf die Morgenstunden, ebenfalls zwischen 2—4 Uhr.

Eine Karte gibt die Verteilung der 1897—1901 vorgekommenen Blitzschläge auf die verschiedenen Komitate Ungarns nach ihrer Häufigkeit an.

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Außergewöhnliche Dämmerungserscheinungen im Jahre 1902. Prof. M. Wolf vom astronomischen Observatorium in Heidelberg berichtet:[1] Die interessantesten Ereignise für die meteorologische Beobachtung waren im Jahre 1902 die zu ungeahnter Pracht entwickelten Dämmerungserscheinungen, die beinahe dieselbe Stärke wie im Jahre 1884 erreichten. Die erste purpurne Dämmerungserscheinung wurde von uns am 17. Juni beobachtet. Die Erscheinungen spielten sich in der bekannten, durch W. Bezold in so meisterhafter Weise

[1] Vierteljahrsschr. d. astronom. Gesellschaft 38. p. 117.

beschriebenen Folge ab. Vom 17. Juni ab zeigten sie sich an jedem einigermaßen klaren Abende bis zum 6. Juli, von wo ab nur noch die rubinrote Färbung, allerdings viel stärker als in andern Jahren, beobachtet werden konnte. Die 2 Purpurlichter und die purpurne Gegendämmerung waren um den 26. Juni am stärksten entwickelt. Am 24. Juli begann eine zweite schwächere Periode der Purpurlichter, die das ganze Jahr anhielt, bald schwächere, bald stärkere Entwicklung äußernd. Besonders im Oktober war ein Maximum ausgesprochen. Der Bishopsche Ring konnte aber merkwürdigerweise erst im Januar 1903 gut erkannt und an Sonne und Mond gemessen werden.

Selbstverständlich wird man die Erscheinungen mit dem Ausbruche der westindischen Vulkane in Verbindung zu bringen suchen. Der erste heftige Ausbruch des Mont Pelé erfolgte am 8. Mai 1902. Es währte also fast 6 Wochen, bis der Staub bei uns in diejenigen Luftschichten kam, wo die Purpurlichter entstehen.

Andere Beobachtungen sprechen aber dafür, daß er bereits früher über uns schwebte; nämlich die täglichen Beobachtungen der Sonnenstrahlung. Das Strahlungsthermometer zeigte nämlich nach Pentadenmitteln:

Mai	26.—31.	mittlere	Maximalstrahlung	45.8°
Juni	1.— 5.	„	„	49.9
„	6.—10.	„	„	39.3
„	11.—15.	„	„	39.1
„	16.—20.	„	„	40.0
„	21.—25.	„	„	41.2
„	26.—30.	„	„	46.4

Darnach ist es wahrscheinlich, daß die Staubtrübung bereits gegen den 10. Juni bei uns eingetreten ist, was einer Geschwindigkeit von 5 Wochen entsprechen würde.

Auch die astronomische Durchsichtigkeit des Himmels war in der ganzen 2. Hälfte des Jahres schlechter als sonst.

Über Luftspiegelungen in Ungarn hat P. J. Fényi, auf der Sternwarte in Kalocsa Beobachtungen angestellt.[1]) Luftspiegelungen sind eine dem Landvolke auf der großen ungarischen Tiefebene wohlbekannte Erscheinung, welche auch mit eigenem Namen »délibáb« bezeichnet wird.

P. J. Fényis Standpunkt war der Balkon der Sternwarte, der 15 *m* über der Straße sämtliche Gebäude der Stadt in den Richtungen, in welchen beobachtet werden mußte, überragt; die Höhe über der großen Ebene beträgt um ein paar Meter mehr. Obwohl von den Höhen der Sternwarte aus der ganze Horizont frei ist, kann doch nur im Quadranten SO—NO Luftspiegelung gesehen werden, weil in den übrigen Richtungen teils ferne Hügelzüge jenseits der Donau den Horizont abschließen, teils die Bewaldung der Donauufer oder auch

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 507.

die zerstreuten Bäume auf den Gefilden eine Spiegelung nicht zustande kommen oder nicht beobachten lassen. Die Spiegelungen sind an jedem besonnten Tage an denselben Stellen in derselben Form zu sehen, nur mehr oder weniger ausgeprägt, je nach der Klarheit und Ruhe der Luft und Stärke der Insolation. Ein scharfes Auge sieht schon ohne Fernrohr am Horizonte scheinbare Wasserflächen, aus welchen dahinterstehende Bäume oder Häuser hervorragen; letztere sind wegen der großen Helligkeit der Wände auch in den Wasserflächen verlängert, gespiegelt zu sehen. Die Erscheinung hat nichts weniger als etwas Zauberhaftes, ist vielmehr sehr unklar und unscheinbar. Objekt und Spiegelbild erschienen oft in gleicher Weise verschwommen und stark dubios. Manchmal war das Objekt in die Länge gezogen und das Spiegelbild zusammengedrückt. In einem andern Falle sah der Beobachter in einer langen schmalen Wasserfläche ein Haus und mehrere Bäume in derselben Linie, doch alle nur teilweise, soweit es die Breite der Spiegelfläche gestattete, gespiegelt. Diese sind die günstigsten Fälle, welche er zum Beweise einer wirklichen Spiegelung anführen kann. Eine klare, vollkommene Spiegelung kann nie beobachtet werden, weil bei der Insolation die Bilder äußerst unruhig und verschwommen sind, so daß es unmöglich ist, das Spiegelbild mit Evidenz zu identifizieren. Der Mangel liegt aber keineswegs in der Unvollkommenheit des Spiegels; das Objekt selbst erscheint um gar nichts schärfer noch klarer, als sein Spiegelbild.

Betreffs der Tageszeit der Erscheinung kann Verf. über die Morgenstunden keinen Aufschluß geben, da er gegen O, also gegen die Sonne beobachten müßte. Etwa von 10^a — 4^p sind die Luftspiegelungen zu sehen. Ein Wind von etwa Stärke 3 scheint nicht eben hinderlich zu sein. Die günstigste Jahreszeit ist das Frühjahr, was sich aus der kräftigen Insolation und auch aus dem Umstande erklärt, daß die Gefilde noch ohne Vegetation sich darbieten. Auch in der Epoche der höchsten Sommerhitze, im Juli und August, ist die Luftspiegelung keineswegs so glänzend, als zu erwarten wäre, namentlich weil da die Stoppelfelder noch unbewachsen sind. Es ist auch sehr bemerkenswert, daß überhaupt keine hohe Temperatur notwendig ist; Verf. hat die Spiegelung gerade sehr schön im März bei einer Temperatur unter dem Gefrierpunkte beobachtet.

Klimatologie.

Eine kartographische Darstellung der Sonnenscheindauer in Deutschland hat Dr. A. Eichhorn gegeben.[1]) In den Erläuterungen dazu bemerkt er, daß zurzeit in Deutschland 36 Stationen vorhanden sind, an denen die Dauer des Sonnenscheines durch den

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 102.

Campbell-Stokesschen Apparat regelmäßig registriert wird, doch geben diese Apparate naturgemäß zu wenig Sonnenschein an. »Ein Blick auf die Karte«, sagt Dr. Eichhorn, »bestätigt zum Teil die allgemeine Erfahrung, die längst einen sonnigen Süden und trüben Norden kennt, und auch das für Europa als allgemein gültig angenommene Grundgesetz, daß der Abnahme der geographischen Breite die Zunahme der Insolationsdauer parallel gehe, allerdings mit gewichtigen Ausnahmen in Deutschland. Die Sonnenscheindauer beträgt an den für Schottland charakteristischen Stationen Stornoway 3.4, Aberdeen 3.5, Glasgow 2.9, mithin durchschnittlich 3.3 Stunden pro Tag; ebensoviel in Dänemark (Kopenhagen 3.3). In Irland steigert sie sich — Dublin 4.0, desgl. Valencia — auf 4.0; für England möge, London und die Industriegebiete ausgenommen, Oxford mit seinen 4.0 Stunden als Normalstation gelten. In Deutschland sind, abgesehen von Orten mit eigenartigen, abnormen Verhältnissen, die Grenzwerte der täglichen Sonnenscheindauer 4.2 und 4.8 im Mittel; erstere Zahl gilt für Aachen und Kassel, letztere für Jena, Samter und Leobschütz; die durchschnittliche Dauer beträgt also 4.5 Stunden pro Tag. Im Schweizer Hügellande steigt sie von 4.7 in Basel, Zürich, Bern auf 5.2 in Lausanne. In den Alpen hält sie sich zwischen 4.9 (Davos) und 5.7 (Bozen); sie kulminiert am südlichen Fuße derselben mit 6.1 in Lugano. Während sie im sonnigen Italien in Padua 5.6, in Rom 6.7 und jenseits der Adria, in Pola sogar 7.6 Stunden durchschnittlich währt, erreicht sie im sonnenscheinreichsten Teile Spaniens — Cordoba hat nur 7.2 Stunden —, in Madrid mit 8.0 Stunden pro Tag den Höchstbetrag in Europa.

Das für ganz Europa im allgemeinen gültige Gesetz der Zunahme der Sonnenscheindauer von N nach S kommt keineswegs an allen deutschen Stationen zum Ausdrucke; die Wirkungen anderer, durch lokale Einflüsse bedingter meteorologischer Verhältnisse, so infolge der Lage der Stationen der See oder in einem Industriezentrum, in einem engen Talkessel, auf einem Berggipfel usw., überdecken häufig obiges Grundgesetz.

Es ergibt sich, daß in Deutschland im Jahresdurchschnitte die Gegend um Jena, dann eine breite Zone, die fast ganz Hinterpommern und die Provinz Posen umfaßt und der südöstlichste Teil von Schlesien den meisten Sonnenschein genießen, nämlich durchschnittlich täglich 4.8 Stunden lang. Ihnen folgt eine breite Fläche vom nordwestlichen Holstein über die Lüneburger Heide bis Hannover, und eine zweite Fläche, die sich vom Taunus durch die oberrheinische Tiefebene bis Offenburg in Baden erstreckt, mit 4.7 Stunden täglichem Sonnenscheine. Die an Sonnenschein ärmsten Gebiete sind das mittlere und östliche Westfalen, Hessen, besonders das Gebiet um den Inselsberg, das südwestliche Sachsen mit Chemnitz im Mittelpunkte und die Gegend um Aachen; endlich ein kleiner Bezirk um Kiel. Im allgemeinen kommt den Gegenden in der Nähe des Meeres mehr Sonnenschein

zu als den binnenländischen Bezirken; aber den größten Verlust, ganz unabhängig von ihrer geographischen Lage, weisen die Großstadt- und Industriebezirke auf. Wie Dr. Eichhorn nachweist, kann hier ein Verlust bis zu 75 % eintreten; der aufsteigende Ruß der Schornsteine verursacht diesen ungeheuren Verlust an Sonnenschein. »Die Physiognomie, die Sheffield eigen ist — eine Stadt, die sich, aus der Ferne gesehen, einfach als ungeheure Rauchwolke in einer sonniglachenden Landschaft präsentiert —, paßt zu Zeiten auch auf manche Teile deutscher Industrie- und Großstädte.« Am ungünstigsten steht in dieser Beziehung unter den deutschen Großstädten Hamburg da; es hat eine mittlere tägliche Sonnenscheindauer von nur 3.5 Stunden. Berlin hat 4.5 Stunden, und Glan hat nachgewiesen, daß dort infolge des Staub- und Rauchgehaltes der Luft der Lichtverlust viermal größer ist, als in freier Luft. Abends tritt Aufhellung ein, da dann viele Fabrikschornsteine keinen Rauch mehr entsenden. Die Höhe der lichtverschlingenden Schicht ist nicht groß, sie beträgt etwa das Dreifache der Höhe der Wohnhäuser. Im Winterhalbjahre zeigt nach der Karte von Eichhorn die Sonnenscheindauer in Deutschland eine wesentlich andere Verteilung. Es ergibt sich für die Südküste der Ostsee ein sonnenscheinarmes Gebiet, und Hamburg erleidet unter allen deutschen Städten den größten Ausfall an Sonnenschein auch im Winter. Ein 2. Gebiet mit Sonnenlichtmangel im Winter liegt in Ostpreußen um Margrabowa herum, infolge der Nebelbildung über der preußischen Seenplatte. Am sonnenscheinreichsten ist im Winter das Rheinland von Norden nach Süden zunehmend, Elsaß und Lothringen, ein Teil von Württemberg und Franken, sowie das südwestliche Schlesien und die Grafschaft Glatz. Da es keinem Zweifel unterliegen kann, daß die sonnenscheinreichsten auch die von Krankheitskeimen am freiesten Gegenden Deutschlands sind, so geben die Untersuchungen Eichhorns auch wertvolle Fingerzeige für die Anlage von Tuberkuloseheilstätten.

Buchdruckerei Robert Noske, Borna-Leipzig.

